This is a digital copy of a book that was preserved for generations on library shelves before it was carefully scanned by Google as part of a project to make the world's books discoverable online.

It has survived long enough for the copyright to expire and the book to enter the public domain. A public domain book is one that was never subject to copyright or whose legal copyright term has expired. Whether a book is in the public domain may vary country to country. Public domain books are our gateways to the past, representing a wealth of history, culture and knowledge that's often difficult to discover.

Marks, notations and other marginalia present in the original volume will appear in this file - a reminder of this book's long journey from the publisher to a library and finally to you.

Usage guidelines

Google is proud to partner with libraries to digitize public domain materials and make them widely accessible. Public domain books belong to the public and we are merely their custodians. Nevertheless, this work is expensive, so in order to keep providing this resource, we have taken steps to prevent abuse by commercial parties, including placing technical restrictions on automated querying.

We also ask that you:

+ *Make non-commercial use of the files* We designed Google Book Search for use by individuals, and we request that you use these files for personal, non-commercial purposes.

+ *Refrain from automated querying* Do not send automated queries of any sort to Google's system: If you are conducting research on machine translation, optical character recognition or other areas where access to a large amount of text is helpful, please contact us. We encourage the use of public domain materials for these purposes and may be able to help.

+ *Maintain attribution* The Google "watermark" you see on each file is essential for informing people about this project and helping them find additional materials through Google Book Search. Please do not remove it.

+ *Keep it legal* Whatever your use, remember that you are responsible for ensuring that what you are doing is legal. Do not assume that just because we believe a book is in the public domain for users in the United States, that the work is also in the public domain for users in other countries. Whether a book is still in copyright varies from country to country, and we can't offer guidance on whether any specific use of any specific book is allowed. Please do not assume that a book's appearance in Google Book Search means it can be used in any manner anywhere in the world. Copyright infringement liability can be quite severe.

About Google Book Search

Google's mission is to organize the world's information and to make it universally accessible and useful. Google Book Search helps readers discover the world's books while helping authors and publishers reach new audiences. You can search through the full text of this book on the web at `http://books.google.com/`

Über dieses Buch

Dies ist ein digitales Exemplar eines Buches, das seit Generationen in den Regalen der Bibliotheken aufbewahrt wurde, bevor es von Google im Rahmen eines Projekts, mit dem die Bücher dieser Welt online verfügbar gemacht werden sollen, sorgfältig gescannt wurde.

Das Buch hat das Urheberrecht überdauert und kann nun öffentlich zugänglich gemacht werden. Ein öffentlich zugängliches Buch ist ein Buch, das niemals Urheberrechten unterlag oder bei dem die Schutzfrist des Urheberrechts abgelaufen ist. Ob ein Buch öffentlich zugänglich ist, kann von Land zu Land unterschiedlich sein. Öffentlich zugängliche Bücher sind unser Tor zur Vergangenheit und stellen ein geschichtliches, kulturelles und wissenschaftliches Vermögen dar, das häufig nur schwierig zu entdecken ist.

Gebrauchsspuren, Anmerkungen und andere Randbemerkungen, die im Originalband enthalten sind, finden sich auch in dieser Datei – eine Erinnerung an die lange Reise, die das Buch vom Verleger zu einer Bibliothek und weiter zu Ihnen hinter sich gebracht hat.

Nutzungsrichtlinien

Google ist stolz, mit Bibliotheken in partnerschaftlicher Zusammenarbeit öffentlich zugängliches Material zu digitalisieren und einer breiten Masse zugänglich zu machen. Öffentlich zugängliche Bücher gehören der Öffentlichkeit, und wir sind nur ihre Hüter. Nichtsdestotrotz ist diese Arbeit kostspielig. Um diese Ressource weiterhin zur Verfügung stellen zu können, haben wir Schritte unternommen, um den Missbrauch durch kommerzielle Parteien zu verhindern. Dazu gehören technische Einschränkungen für automatisierte Abfragen.

Wir bitten Sie um Einhaltung folgender Richtlinien:

+ *Nutzung der Dateien zu nichtkommerziellen Zwecken* Wir haben Google Buchsuche für Endanwender konzipiert und möchten, dass Sie diese Dateien nur für persönliche, nichtkommerzielle Zwecke verwenden.

+ *Keine automatisierten Abfragen* Senden Sie keine automatisierten Abfragen irgendwelcher Art an das Google-System. Wenn Sie Recherchen über maschinelle Übersetzung, optische Zeichenerkennung oder andere Bereiche durchführen, in denen der Zugang zu Text in großen Mengen nützlich ist, wenden Sie sich bitte an uns. Wir fördern die Nutzung des öffentlich zugänglichen Materials für diese Zwecke und können Ihnen unter Umständen helfen.

+ *Beibehaltung von Google-Markenelementen* Das "Wasserzeichen" von Google, das Sie in jeder Datei finden, ist wichtig zur Information über dieses Projekt und hilft den Anwendern weiteres Material über Google Buchsuche zu finden. Bitte entfernen Sie das Wasserzeichen nicht.

+ *Bewegen Sie sich innerhalb der Legalität* Unabhängig von Ihrem Verwendungszweck müssen Sie sich Ihrer Verantwortung bewusst sein, sicherzustellen, dass Ihre Nutzung legal ist. Gehen Sie nicht davon aus, dass ein Buch, das nach unserem Dafürhalten für Nutzer in den USA öffentlich zugänglich ist, auch für Nutzer in anderen Ländern öffentlich zugänglich ist. Ob ein Buch noch dem Urheberrecht unterliegt, ist von Land zu Land verschieden. Wir können keine Beratung leisten, ob eine bestimmte Nutzung eines bestimmten Buches gesetzlich zulässig ist. Gehen Sie nicht davon aus, dass das Erscheinen eines Buchs in Google Buchsuche bedeutet, dass es in jeder Form und überall auf der Welt verwendet werden kann. Eine Urheberrechtsverletzung kann schwerwiegende Folgen haben.

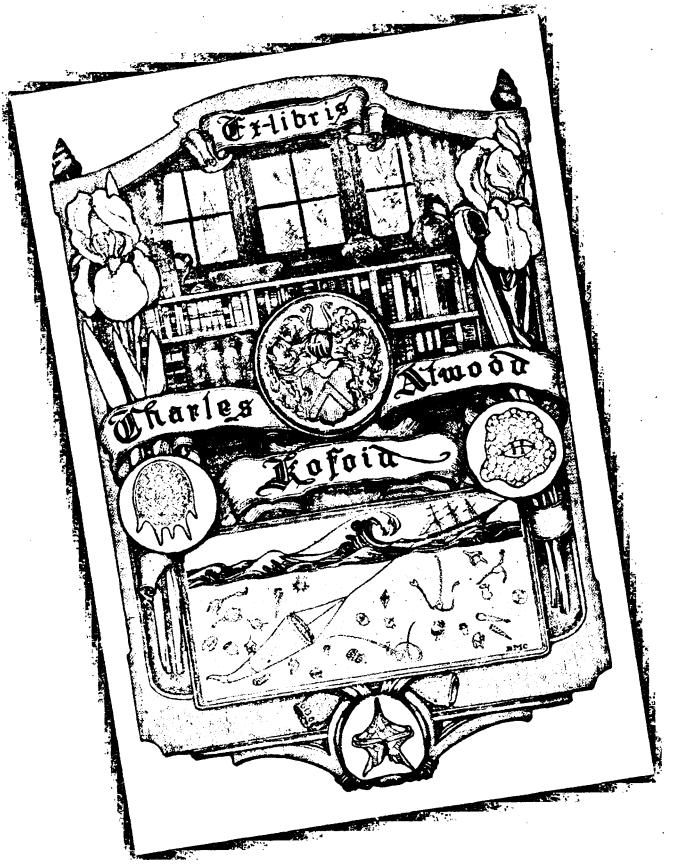
Über Google Buchsuche

Das Ziel von Google besteht darin, die weltweiten Informationen zu organisieren und allgemein nutzbar und zugänglich zu machen. Google Buchsuche hilft Lesern dabei, die Bücher dieser Welt zu entdecken, und unterstützt Autoren und Verleger dabei, neue Zielgruppen zu erreichen. Den gesamten Buchtext können Sie im Internet unter `http://books.google.com` durchsuchen.

K-QK
725
D28

UC-NRLF
B 3 879 015

Seinem hochverehrten Lehrer
Hr. Geh.-Rath
Prof. Dr. Göppert
in Dankbarkeit
der
Verfasser


Ex-libris
Charles Atwood
Lafoia

Ueber die Milchzellen

der

Euphorbiaceen, Moreen, Apocyneen und Asclepiadeen.

Von

Dr. Georg David,

Assistent am pflanzenphysiologischen Institut der königl. Universität zu Breslau.

Mit vier Tafeln.

Breslau 1872.

J. U. Kern's Verlag

(Max Müller).

B. t

K-QK725
D28
Biol.
Lib.

Vorwort.

Die Entwickelungsgeschichte der gewöhnlich als Milchsaftgefässe bezeichneten Organe ist auch durch die neuesten Forschungen noch nicht sicher gestellt; ich habe mir die Untersuchung derselben zur Aufgabe gemacht und veröffentliche hier den ersten Theil dieser Untersuchungen, betreffend die Euphorbiaceen, Moreen, Apocyneen und Asclepiadeen, bei denen die Milchsaft führenden Organe nur einzellig sind. — Entstanden ist die vorliegende Arbeit im hiesigen pflanzenphysiologischen Institut unter der gütigen Anleitung des Herrn Prof. *Dr. Ferd. Cohn*, welchem ich hiermit meinen herzlichsten und aufrichtigsten Dank sage.

Breslau, Juli 1872.

Dr. Georg David.

M363372

I.

Resultate früherer Beobachter.

Eine so auffallende Erscheinung wie die, dass eine ganze Anzahl von Pflanzen, wenn sie irgendwie verletzt werden, einen weissen oder gefärbten milchigen Saft reichlich ausströmen lassen, war schon den Alten nicht entgangen. Dies beweist Theophrast, indem er Hist. pl. IV. 4 sagt: Ἐν ἑτέροις δὲ τόποις ἐστὶν ἄκανθα λευκὴ τρίζος, ἐξ ἧς καὶ σκυτάλια καὶ βακτηρίας ποιοῦσιν· ὀπώδης δὲ καὶ μανή· ταύτην δὲ καλοῦσιν Ἡρακλέους. Sprengel[1]) hält diese Heraklea für *Euphorbia antiquorum L.* Auch an andern Orten erwähnt Theophrast noch des Milchsaftes[2]). Die ersten Pflanzenanatomen wie Malpighi, Grew, Moldenhawer u. s. w. stellten auch schon Untersuchungen über die den Saft enthaltenden Organe an; indessen konnten dieselben bei der Mangelhaftigkeit der damaligen Instrumente, sowie bei der Schwierigkeit, welche eine solche Untersuchung in jenen primitiven Zeiten der Pflanzenanatomie bieten musste, zu keinem befriedigenden Resultate führen: Milchsaftgefässe, Harzgänge, andere Intercellularräume und andere Pflanzenorgane wurden nicht von einander unterschieden und liessen eine richtige Deutung der in Frage stehenden Gebilde nicht zu. Als den ersten, welcher sich eingehend und nicht resultatlos mit dem Gegenstande beschäftigte, haben wir

---

[1]) Theophrast's Naturgeschichte der Gewächse. Uebersetzt und erläutert von Sprengel. 2. Theil. p. 152.

[2]) Vergl. z. B. Hist. pl. VII. 7; IX., 10.

C. H. Schultz zu nennen. Er legte seine Ansichten in verschiedenen Schriften nieder, namentlich in der gekrönten Preisschrift «*Sur la circulation et sur les vaisseaux lactifères dans les plantes. Paris et Berlin. 1839. 23. Tab.*» und in «Die Cyclose des Lebenssaftes in den Pflanzen. Breslau und Bonn. 1851. 33. Taf.» Dieser Forscher findet Milchsaftgefässe nicht nur in denjenigen Pflanzen, welche wir heut allgemein als solche Gefässe besitzend ansehen, wie bei den Euphorbiaceen, Apocyneen, Asclepiadeen, Moreen, den Aroideen, den Compositen, Papaveraceen, Papayaceen u. s. w., sondern bei einer sehr grossen Zahl andrer Pflanzen, z. B. bei einzelnen Farnen (*Polypodium*), bei Gräsern (*Zea*), bei Orchideen, Palmen, Piperaceen, Cucurbitaceen, Papilionaceen, Rosaceen u. s. f. Diese Pflanzen nennt er im Gegensatz zu den übrigen, die ohne Milchsaftgefässe sind, «Heterorgana» und schreibt ihnen eine Circulation der Säfte ähnlich derjenigen der Thiere zu. Er fasst die Resultate seiner Forschungen in folgender Weise zusammen:

1. Die Milchsaftgefässe existiren nicht in allen Pflanzen; sie mangeln allen denjenigen, deren Gewebe nur aus Zellen oder Schlauchzellen (utricules) besteht und welche man «homorganische» nennen kann. Die meisten Pflanzen der letzten Art gehören der Linnéschen Klasse der Kryptogamen an, aber es gibt unter ihnen auch Phanerogamen, wie Stratiotes, Valisneria u. s. w.; dagegen finden sich Milchsaftgefässe in den Farnkräutern und in den Hauptfamilien der Phanerogamen, und sie zeigen sich hier in ihren verschiedenen Entwickelungsgraden in Pflanzen, welche 56 verschiedenen Familien angehören.

2. Der Platz der Milchsaftgefässe ist in den Gefässbündeln, überall auf der äussern Seite der Spiralgefässe, und in allen Pflanzen und Pflanzentheilen, wo sich Gefässbündel finden, bestehen dieselben gleichzeitig aus Milchsaftgefässen und aus Spiralgefässen, die oft gänzlich, oft auch nur theilweise von Bastzellen umgeben sind. Da, wo ein verticaler Holzkörper existirt, liegen die Milchsaftgefässe in der innersten Lage der Rinde, entweder in gleichförmiger Lage oder bündelweise in Kreisen. Von der Rindenseite des Gefässbündels aus, oder von den Rindenschichten aus, die man als den Herd des Milchsaftgefässsystems ansehen kann, verbreiten sich isolirte Milchsaftgefässe in das übrige Zellgewebe und in das Mark.

3. Die Milchsaftgefässe im Zustande der Contraction scheinen bei den meisten Pflanzen durch seitliche Anastomosen vereinigt zu sein, bei einer grossen Zahl findet man sie auch im Zustande der Expansion und der Articulation in dieser Verbindung. Dagegen findet man sie in den letztern beiden Zuständen, wenigstens in manchen Theilen vieler Pflanzen, getrennt und ohne Anastomosen, namentlich bei dem Zustande der Articulation.

4. Die Säfte der Milchsaftgefässe haben ihren Ursprung wahrscheinlich aus der Lymphe des Holzes und zeichnen sich aus durch eine innere Organisation und Coagulirbarkeit, ähnlich derjenigen des thierischen Blutes.

5. Man beobachtet in den meisten Pflanzen unmittelbar eine Fortbewegung des Milchsaftes (latex), wo derselbe mehr oder weniger gefärbt und leicht zu sehen ist; wenn er nicht gefärbt ist, nimmt man diese Bewegung selten unmittelbar wahr. Aber auch in diesem Falle kann man aus dem Auslaufen des Milchsaftes durch die Enden der querdurchschnittenen Gefässbündel und aus der Analogie mit den Gefässen in allen Pflanzen auf eine ähnliche Fortbewegung schliessen.

6. Die Ursachen dieser Bewegung sind zum Theil äussere, welche dieselbe durch Reiz hervorbringen, wie Licht, Wärme u. s. w., zum Theil und hauptsächlich innere, nämlich die Contraktion der Gefässe und die innere oscillatorische Bewegung der Saftkügelchen.

7. Man kann im allgemeinen in den Pflanzen eine Circulation ganz ähnlich derjenigen der Thiere nicht zulassen, weil man im Pflanzenreiche selbst zwei verschiedene Arten von Saftbewegung antrifft (Rotation und Cyclose) und weil auch bei den Thieren niederer Ordnung die Circulation von derjenigen der Thiere höherer Ordnung verschieden ist. — Dennoch ist die Circulation des Milchsaftes sicherlich vergleichbar der Blutcirculation bei den nicht mit einem Herzen versehenen Thieren und demjenigen Theile des Circulationssystems, welches man bei den Thieren mit Herzen das Capillargefässsystem nennt.

— Soweit Schultz. Aber obgleich seine Untersuchungen das unbestreitbare Verdienst haben, ein bisher noch sehr unbekanntes Organ der Pflanze ans Tageslicht gezogen und wenigstens eine breite Basis für weitere Untersuchungen geschaffen zu haben, so erfuhren dieselben doch wegen der phantastischen

Art zu beobachten und aus dem Beobachteten Schlüsse zu ziehen, von vielen Seiten heftigen Widerspruch. Namentlich waren es die Bezeichnung des Milchsaftes als «Lebenssaft, latex» und die Bezeichnung der Milchsaftgefässe als Lebenssaftgefässe, welche selbst von den Anhängern seiner Lehren bekämpft wurden.

Zu diesen theilweisen Anhängern gehörte F. J. F. Meyen[1]). Die Milchsaftgefässe erklärt er für cylindrische Röhren mit äusserst zarter Membran, welche im Stengel der Pflanze ununterbrochen parallel mit der Axe derselben verlaufen, sich aber in den Blättern und der Wurzel verästeln und verzweigen und mit einander anastomosiren. Es haben diese Gefässe auf ihrer ganzen Länge keine Spur von Scheidewänden aufzuweisen; hie und da zeigen sie wohl einmal Anschwellungen und darauf folgende Einschnürungen, aber diese Einschnürungen und Erweiterungen sind nicht etwa durch die Contractilität der Gefässwände entstanden, wie Schultz will — denn diese Contractilität fehlt denselben ganz und gar — sie werden vielmehr nur durch die Lage der umgebenden Zellen hervorgerufen. Ebenso ist die Eintheilung der Milchsaftgefässe nach Schultz in solche im Zustande der Contraktion, Expansion und Articulation völlig unbegründet. Dagegen bestätigt Meyen in ausgedehntem Masse das, was Schultz über die Strömung des Milchsaftes behauptet hatte. Besonders bestärkten ihn dabei Untersuchungen, welche er an *Chelidonium majus* über diesen Punkt gemacht hatte. Ueber die physiologische Bedeutung des Saftes spricht er sich nicht positiv aus, doch meint er, dass der Milchsaft in gewissen Vegetationsepochen zur Ernährung oder vielmehr Neubildung verbraucht werde und erklärt hieraus das Verschwinden desselben zu bestimmten Zeiten.

Schroffer als dieser Botaniker trat H. von Mohl[2]) den Ansichten Schultz's entgegen. Er zeigt, dass Schultz unter dem Ausdruck «Lebenssaftgefässe» ganz verschiedene Elementarorgane vereinigt. Hauptsächlich aber wendete er sich gegen diejenigen Behauptungen, welche von Schultz über die Organi-

---

[1]) Ueber die Secretionsorgane der Pflanzen. Berlin 1837. 5. Cap.

[2]) Vermischte Schriften botanischen Inhalts. p. 150. Botanische Zeitung, Jahrg. 1846. p. 73. — Grundzüge der Anatomie und Physiologie der vegetabilischen Zelle. 1851. p. 93 ff.

sation und die Cyklose des Lebenssaftes aufgestellt worden waren. Die von diesem hingestellte völlige Analogie zwischen Milchsaft und Blut wies Mohl zurück, und ebenso verwahrte er sich gegen die Hypothese eines beständigen durch innere Ursachen hervorgerufenen Strömens des Saftes, indem er die scheinbare Bewegung aus der Brown'schen Molecularbewegung bei der Beobachtung in directem Sonnenlicht erklärte und auf das durch rein mechanische Ursachen bedingte Austreten des Milchsaftes aus verletzten Gefässen zurückführte. «Auf diese Weise ist die ganze Schultz'sche Lehre vom Milchsafte ein Gewebe der unbegründetsten, mit positiven Thatsachen im schreiendsten Widerspruche stehenden Hypothesen.»

Ueber Ursprung und Entstehung der in Frage stehenden Organe hatte man bis dahin wenig Untersuchungen angestellt. Der erste, welcher eine bestimmte Ansicht aussprach, war Unger[1]). Unger behauptet (§§ 90. 91. 92. p. 40), die Milchsaftgefässe entstehen aus cylindrischen, übereinander gereihten Zellen, aus denen sie durch Resorption der Zwischenwände zu Stande kämen. Die Gefässwand ist anfangs überaus zart, erleidet jedoch in der Folge häufig partielle Verdickungen, ohne dass man eine schichtenförmige oder spiralige Ablagerung in ihrem Innern wahrzunehmen vermöchte. Die Milchsaftgefässe sind durch die ganze Pflanze vertheilt und bilden ein durch anastomosirende Verzweigungen zusammenhängendes System. In Betreff der Cyclose war Unger ein Anhänger der Schultz'schen Lehre. Er spricht seine Ansicht hierüber sehr genau aus (§ 94): «Der Milchsaft ist in seinem Gefässsystem in beständiger Bewegung. Er steigt in einigen Hauptgefässen, welche parallel im Umfange des Stammes verlaufen, von den Wurzeln bis zu den Blättern in die Höhe, kreist daselbst in unzähligen Verästelungen, kehrt in den feinsten Verzweigungen wieder um, um durch die Hauptäste zu den grössern Gefässstämmen zu gelangen, die im Stamme der Pflanze bis zur Wurzel zurückverlaufen, wo er gleichfalls zahlreiche Verästelungen durchgeht und seine aufsteigende Bewegung von Neuem beginnt. Die kreisende Bewegung des Milchsaftes in seinem Gefässsysteme wird, zum

[1]) Endlicher und Unger. Grundzüge der Botanik. Wien 1843.

Unterschiede von der im thierischen Organismus von einem pulsatorischen Organe ausgehenden Circulation, die Cyclose des Milchsaftes genannt.» (§ 95.) «Die Bestimmung des Milchsaftes und die Ursache und Bedeutung seiner Bewegung ist nicht ermittelt.»

Gegen die Ansicht von Unger sprach sich Schleiden aus in seiner Schrift über die Cacteen (p. 29). Hier erklärt er, in allen Fällen seien ihm die jüngsten Milchsaftgefässe als erweiterte Intercellulargänge erschienen, in denen sich erst allmählich aus dem in sie abgesonderten Safte eine Membran organisirt habe. Ferner sagt er[1]): «Die mit einer eigenen Haut versehenen Gefässe des Milchsaftes sind noch nicht mit Sicherheit auf Zellen zurückgeführt. Ihr Ursprung ist dunkel, im ausgebildeten Zustande gleichen sie langgestreckten verästelten Zellen.» Schleiden lässt also die Frage offen, ob die Milchsaftgefässe aus Intercellularräumen oder aus der Ausdehnung und Verästelung einer Zelle entstehen. — Wie man sieht, haben alle diejenigen, welche die Behauptungen von Schultz theils vertheidigten, theils angriffen, keine ausführlichen und speciellen Untersuchungen über die Milchsaftgefässe gemacht. Das Verdienst, dies gethan zu haben und zugleich die Forschungen auf die Entstehung derselben ausgedehnt zu haben, gebührt einem Ungenannten[2]). Die Verfasserin dieses Aufsatzes untersucht die Apocyneen, Asclepiadeen, die Moreen, die Urticaceen, Cichoriaceen, Campanulaceen, Lobeliaceen, Papaveraceen und Cucurbitaceen, ferner *Sambucus nigra*, die Euphorbiaceen und Aroideen. Ueberall sucht dieselbe ihre Aufgabe durch Anfertigung feiner Längsschnitte durch den Vegetationskegel zu lösen und diese Lösung fasst sie in folgenden Worten zusammen:

«In seinem Ursprunge ist das Milchsaftgefäss ein Gang im Zellgewebe, dessen Wandungen nicht von einer eigenen Haut, sondern blos von den umgebenden Zellen gebildet werden. Die feinen Membranen dieser Zellen ragen gewölbt in den Raum dieses Ganges hinein. Dadurch erhält derselbe, seinem Aussehen wie seiner Beschaffenheit nach, mit den grösseren Intercellulargängen vieler Pflanzen eine vollständige Aehnlichkeit.

---

[1]) Grundzüge der wissenschaftlichen Botanik. 2. Aufl. Theil 1. p. 254.
[2]) Bot. Zeitung. 1846. p. 833 ff.

Dieser Gang, anfänglich enge, erweitert sich, und seine Wandungen erlangen eine ihn auskleidende Verdickung, welche zunächst an den Fugen der umgebenden Zellen bemerklich wird.

Diese Verdickung der Wandungen ist nicht immer gleich stark.

a. In vielen Pflanzen zeigt sie sich als eine wirkliche Auflagerung; alsdann werden zwischen ihr und den Zellwänden feine Trennungslinien und kleine Intercellularräume sichtbar, und der frühere Intercellulargang erhält dadurch die Eigenschaft eines mit einer eigenen Haut versehenen Gefässes.

b. In anderen Pflanzen hingegen werden Trennungslinien nicht sichtbar, und die jugendliche Gefässhaut spricht sich nicht anders aus, als durch jene Verdickungsschicht auf den anliegenden Zellwänden.

Die Lage der Gänge und jüngsten Gefässe, in Bezug auf die übrigen Elementarorgane der Pflanzen, ist immer genau übereinstimmend mit dem Vorkommen der ausgebildeten Gefässe.

Das Milchgefäss ist eines der allerfrühesten Elementarorgane der Pflanze. So wie das zarte parenchymatische Zellgewebe der Knospenspitze zur Erzeugung der jüngsten Gefässbündel sich zu strecken beginnt (bisweilen wohl sogar noch früher), erscheint das Milchgefäss in seiner ersten Form als schmaler Intercellulargang. Dieses Verhältniss zwischen Gefässbündeln und Milchsaftgefässen ist ein durchweg beständiges, es mögen die letzteren als Begleiter der Bündel erscheinen, oder einzeln zerstreut im parenchymatischen Gewebe der Pflanze vorkommen.

Das Spiralgefäss hingegen ist späterer Entstehung. Es folgt bald früher, bald später den gestreckten Gefässbündelzellen nach. Sowie sich daher in der Zeitfolge der Entstehung das Spiralgefäss zu den Gefässbündelzellen verhält, ebenso verhält es sich zu dem Milchsaftgefässe.

Der Inhalt der Gänge ist in ihrer frühesten Periode ein farbloser, wasserheller Saft.

Durch nachträglich hinzukommende Bestandtheile erhält dieser Saft die Trübung und Färbung, die den Milchgefässen eigenthümlich ist.

Die Aussonderung dieser Stoffe geschieht in einigen Pflanzen schon vor, in andern erst nach Entstehung der Gefässhaut.

Alle Milchgefässe, welche in diesem Entwicklungsgange übereinstimmen, besitzen somit im ausgebildeten Zustande eine eigne Haut, und

Die ihnen benachbarten Zellen unterscheiden sich in nichts von dem übrigen Zellgewebe ihrer Umgebung.

Nebeneinander verlaufende Milchgefässe, deren Wandungen sich berühren, sind von ungleichzeitiger Entstehung.

Einige anderweitige Milchsaft führende Organe unterscheiden sich als blosse Gänge von diesen Gefässen. Sie entbehren einer eigenen Haut und ihre Wandungen werden von Zellen gebildet, die in ihren Eigenschaften von den umgebenden Zellen abweichen. Sie gehören daher nicht zu den Milchsaftgefässen im eigentlichen Sinne des Worts und müssen geschieden werden.»

— Wenn nun auch der Kernpunkt dieser Sätze, nämlich dass die Milchsaftgefässe aus Intercellularräumen entstehen, nicht zugegeben werden konnte, da die Bildung von Zellen ausserhalb von Zellen nach allem, was man über das Wesen der Zellen wusste und noch weiss, undenkbar ist, so hat doch die Verfasserin das Verdienst, durch ihre fleissigen und eleganten Untersuchungen mehr Licht über diese zweifelhaften Organe geworfen zu haben, namentlich was Verbreitung, Vorkommen und Umgrenzung der Milchsaftgefässe anbetrifft.

Eine andere Deutung der Milchsaftgefässe versuchte Schacht[1]). Indem er von den schon bisher als Milchsaft führende Bastzellen anerkannten Milchsaftorganen der *Hoya carnosa* ausging, untersuchte er die Milchsaftgefässe von *Euphorbia splendens*, *antiquorum*, *atropurpurea* und *palustris*. Der Umstand nun, dass hier die Milchsaftgefässe im Rindenparenchym, seltener im Marke zerstreut sind, dass sie sich an das Gefässbündel und dessen Cambium reihenweise oder bündelweise herumdrängen, der Umstand endlich, dass sich überall geschlossene Enden der Milchsaftgefässe herauspräpariren liessen, dies alles veranlasste ihn zu der Annahme, dass diese Organe nichts anderes seien, als lange, verzweigte Bastzellen. Bestärkt wurde er in seiner Ansicht noch dadurch, dass diese Gefässe chemisch genau so wie wirkliche Bastzellen reagirten. Diese Behauptung dehnte er

[1]) Bot. Zeitung. 1851. p. 513 ff. und an andern Orten.

ferner aus auf *Ficus elastica*. Am sichersten und schönsten schien ihm der Beweis geführt durch *Rhizophora Mangle*, den Mangrovebaum. Hier sind die «Bastzellen» in Rinde und Mark zerstreut, oft mehrfach und höchst unregelmässig verzweigt, kurz und daher leicht zu übersehen. Sie zeigen sich an allen Enden deutlich geschlossen, die Zellwand stark verdickt mit Schichtung und Spiralstreifung. Sogar auf *Chelidonium majus* und *Papaver somniferum* erstreckt sich ihm die Giltigkeit seiner Behauptung, weil auch hier die Milchsaftgefässe an der äussern Peripherie des Gefässbündels gelagert sind, und sogar bei *Lactuca Scariola* nimmt Schacht das gleiche an, deren Milchsaftgefässe er in der Wurzel untersucht hat. Die Länge oder Kürze dieser Milchsaftgefässe, sowie der Grad ihrer Verdickung kann nach Schacht nicht hindern, dieselben für Bastzellen anzusehn, da auch unzweifelhafte Bastzellen in dieser Beziehung sehr schwanken. — Durch diese Deutung der in Frage stehenden Organe fällt nun auch für Schacht die von Schultz aufgestellte Behauptung eines continuirlichen «Milchsaftgefässsystems» als falsch weg, und demnach wird auch für ihn die Deutung des Milchsaftes selbst eine andere. Die strömende Bewegung desselben, wie sie von manchen Botanikern beobachtet worden war, erklärt auch er für ein Ausfliessen, hervorgerufen durch Verletzung der Gefässe oder für einfache Circulation des Zellsaftes. Seiner physiologischen Bedeutung nach ist ihm der Saft nur Produkt der Milchsaft führenden Bastzelle selbst; ohne diese Annahme sei auch das Vorkommen von Stärke in den Zellen der Euphorbiaceen nicht erklärlich.

Während seines Aufenthaltes in Madeira untersuchte später Schacht auch die Milchsaftgefässe von *Carica Papaya*[1]), und es ist nothwendig diese Untersuchung ausführlich mitzutheilen, weil sie bis auf die neueste Zeit die Grundlage weiterer Forschungen geworden ist. — Die Milchsaftgefässe von *Carica Papaya* sind netzförmig untereinander verbunden und haben viele dünne Aeste, welche blind endigen. Sie entstehen auf der innern Seite des Cambiums im Stamm und in der Wurzel, desgleichen im Blatt-

[1]) Abhandlungen der Königl. Akademie der Wissenschaften zu Berlin. 1856. p. 516.

und Blüthenstiel. Sie verbreiten sich von hier aus über den Holztheil des Gefässbündels und schicken nur seitliche Verzweigungen in die Rinde hinüber. Die Wurzel hat weniger Milchsaftgefässe als der Stamm, in der Frucht sind sie am reichlichsten vertreten. Diese Gefässe entstehen durch Verschmelzung vieler Zellen zu einem Ganzen, und zwar geschieht dies in der Weise, dass immer, wenn das Cambium eine Schicht von Holzgefässen nach seiner inneren Seite hin hervorgebracht hat, eine Schicht seiner Zellen durch Resorption der seitlichen und horizontalen Scheidewände zu einem Ganzen verschmilzt, und indem sich dieser Vorgang wiederholt, entstehen im Stamme concentrisch gelagerte Schichten von Holzgefässen und Milchsaftgefässen. Die gleichzeitig entstandenen und noch durch dazwischen liegende Schichten des Grundgewebes (der Markstrahlen) getrennten Hauptstämme der Milchsaftgefässe setzen sich mit einander in Verbindung, indem einzelne Gruppen der dazwischen liegenden Markstrahlzellen von der Resorption der Scheidewände mit ergriffen werden, und auf diese Weise Verbindungsröhren zwischen den Hauptstämmen herstellen. Ausserdem besitzen diese Milchsaftgefässe auch noch das Vermögen, lange dünne Schläuche aus sich heraus durch die umgebenden Intercellularräume zu schicken, die entweder blind endigen oder zu andern Hauptstämmen gehen und mit diesen verschmelzen. — Aehnliche Resultate ergab eine Untersuchung von *Sonchus*, nur mit dem Unterschiede, dass die Milchsaftgefässe hier an der äusseren Seite des Cambiums liegen und im Stamme nicht wiederholentlich erzeugt werden. Die Verbindung der Hauptstämme geschieht hier nicht durch Zellen der Markstrahlen, sondern durch seitliche anastomosirende Ausstülpungen. Endlich spricht Schacht auch noch für *Gomphocarpus*, eine Asclepiadee, die Vermuthung aus, dass auch die Milchsaftgefässe dieser Pflanze durch Fusion einzelner Zellen entstanden seien.

Ich führe noch die allgemeinen Resultate an, welche Schacht über die Milchsaftgefässe überhaupt gewinnt, und welche mit mehr oder minder grossen Modificationen noch als giltig angesehen werden. Er sagt (l. c. p. 530):

«1. Sämmtliche Milchsaftgefässe gehören dem Gefässbündel. *(Carica, Sonchus, Lactuca, Gomphocarpus, Vinca, Hoya, Euphorbia, Ficus, Chelidonium.)* Ihre Hauptstämme verlassen niemals

das Gefässbündel, sie begleiten dasselbe durch alle Theile der Pflanze.

2. Man darf zwei Formen der Milchsaftgefässe unterscheiden:

a. Solche, welche als einfache oder verzweigte Röhren dem Gefässbündel folgen, aber sich nicht untereinander oder mit denen des benachbarten Gefässbündels zu einem zusammenhängenden Systeme verbinden (*Gomphocarpus, Hoya, Vinca, Euphorbia, Ficus, Chelidonium*) und

b. solche, deren Röhren sich sowohl da, wo sie nebeneinander liegen, hin und wieder unter sich, aber auch durch Verbindungsröhren mit denen der benachbarten Gefässbündel zu einem zusammenhängenden Systeme vereinigen (*Carica, Sonchus*).

3. Die Milchsaftgefässe erscheinen sowohl im Mark als auch in der Rinde und nur selten (bei *Carica*) in demjenigen Theile des Gefässbündels, der die Gefässe enthält und demnach als Holztheil desselben betrachtet werden muss. Da nun die Milchsaftgefässe, gleich den Bastzellen entweder direkt oder indirekt aus den Cambiumzellen und zwar beide, wie es scheint, überall durch Verschmelzung mehrerer oder vieler Zellen zu einem Ganzen hervorgehen und überdies dieselbe Stellung in der Pflanze einnehmen; da ferner bei *Vinca* zwischen Bastzellen und Milchsaftgefässen nicht mehr zu unterscheiden ist, weil jene aus diesen hervorgehen und überdies verzweigte und verholzte Bastzellen ohne Milchsaft bekannt sind (in der Rinde von *Gomphocarpus*, im Mark und in der Rinde von *Rhizophora Mangle*, und in der Rinde von *Abies pectinata*), so halte ich es durchaus für gerechtfertigt, die Milchsaftgefässe auch fernerhin als Milchsaft führende Bastzellen zu betrachten.

4. Die Milchsaftgefässe können, da sie nur bei verhältnissmässig wenigen Pflanzen gefunden werden, durchaus kein wesentliches Element des Gefässbündels ausmachen, weil sie sonst nirgends fehlen dürften. Da sie nun ferner nur gar selten unter sich zu einem zusammenhängenden System verbunden sind, meistens aber lange, mehr oder weniger verzweigte Röhren mit geschlossenen Enden bilden, so darf man sie auch nicht mit dem Adersystem der Thiere vergleichen, zumal da eine Fortbewegung des Milchsaftes in diesen Röhren nur dann bemerkbar ist, wenn Druck oder eintretendes Wasser einen Strom in ihnen

hervorruft. Welche Bedeutung sie aber für den Haushalt der Pflanze besitzen, lässt sich zur Zeit nicht bestimmen.»

Eine längere Reihe von Jahren hindurch fanden die Milchsaftgefässe keine weiteren Beobachter, bis endlich, veranlasst durch eine Behauptung Tréculs, dass nämlich zwischen Milchsaftgefässen und Holzgefässen eine öffene Communication und ein bestimmter, gesetzmässiger Säfteaustausch vorhanden sei, die Pariser Akademie zu Untersuchungen über diese Frage aufforderte. Die Folge dieser Preisfrage war die speciellere Untersuchung der Milchsaftgefässe durch Hanstein und Dippel.

Hanstein[1]) untersucht zunächst die Milchsaftgefässe der Cichoriaceen, Campanulaceen und Lobeliaceen, und findet, dass die der erstern Familie der äussern Region der Bastschicht angehören, während sie bei den beiden letztern das Cambium unmittelbar umgeben. Indem diese Gefässröhren fortwährend untereinander anastomosiren und seitliche Auswüchse zu einander hintreiben, umgeben die Milchsaftgefässe das Gefässbündel wie ein maschiger Mantel. Sie entstehen durch das Verschmelzen von Zellreihen und ihre Anordnung entspricht genau derjenigen der sie umgebenden Parenchymzellen. Direkt ist diese Entstehungsweise zwar noch nicht beobachtet worden, allein die Analogie nach den Beobachtungen Schachts an *Carica*, welche Hanstein vollständig in ihrer Richtigkeit bestätigt, lässt an der Thatsache selbst nicht zweifeln. Diese letztere Pflanze anbetreffend, an welcher Trécul zuerst zur Aufstellung seiner Hypothese gekommen war, entscheidet sich Hanstein dahin, dass bei ihr eine offene Verbindung zwischen Milchsaft- und Holzgefässen allerdings bisweilen vorkomme, jedoch nicht Regel sei. — Bei den Papaveraceen, von denen Hanstein *Papaver*, *Chelidonium* und *Sanguinaria* untersucht hat, verlaufen die Milchsaftgefässe einzeln in der Umgebung des Basttheils jedes Gefässbündels bis in die primäre Rinde, einzelne erscheinen auch im Marke; seitliche Auswüchse und Queranastomosen kommen nicht vor. Wohl aber kommen Querverbindungen in den Laubblättern, den Kelchblättern und in den Fruchtklappen vor, sogar netzförmige Verbindungen sind vorhanden. Auch hier entstehen die Milchsaft-

[1]) Die Milchsaftgefässe und die verwandten Organe der Rinde. Berlin. 1864.

gefässe durch Verschmelzen parenchymatischer Zellen; man sieht nämlich deren, welche noch vollständig geschlossen und schon mit gefärbtem Milchsaft erfüllt sind, in verschiedenen Uebergängen bis zu ausgebildeten Milchsaftgefässen. — Bei den Urticinen verlaufen sie in der äussern Umgebung der Bastfaserbündel fast einzeln und ununterbrochen als gleichmässige Schläuche, nur selten einen Ast aussendend und mit anderen Gefässen in Verbindung tretend. Dagegen bilden sie innerhalb der Astknoten sehr zahlreiche Verästelungen und lassen hin und wieder netzförmige Verbindungen sehen. Blinde Enden finden sich zuweilen selbst bei grösseren Zweigen. Ihre Entstehung aus Zellreihen ist meist nicht leicht wahrzunehmen; bei *Humulus* bestehen die Milchsaftgefässe des Blattes gegen das Ende hin häufig aus einer Reihe einzelner zuletzt ganz kurzer Zellen, die noch durch Querwände getrennt sind. — Bei den Apocyneen und Asklepiadeen gibt es Milchsaftgefässe, die den Bastfasern sehr ähnlich sind. Sie sind an beiden Enden zugespitzt, besitzen nicht selten verdickte Wände und liegen grösstentheils einzeln mit ihren Enden nebeneinander. Sie befinden sich gewöhnlich an der Stelle, wo sonst die Bastfasern stehn, sind mit denselben öfters zu Bündeln vereinigt oder umgeben dieselben. Man findet nicht selten alle Uebergänge zwischen dickwandigen Bastzellen mit klarem Safte und dünnwandigen Milchsaft führenden. Doch kommen auch verästelte und verwachsene Gefässe vor, z. B. bei *Nerium Oleander*, auch sind sie ausser in der Rinde auch hier im Mark zu finden. — Die Milchsaftgefässe der Euphorbiaceen gehören dem Typus der verzweigten Gefässe an und sind überall reich durch das Parenchym verstreut, sind in ihrem Verhalten den Bastfasern ähnlich und besitzen häufigere und complicirtere Verzweigungen als die der genannten Familien. Sie treten in unmittelbarer Nähe der Bastfaserbündel auf, theils sie begleitend, theils sich unter sie mischend, theils dieselben ganz und gar ersetzend. Sie bilden nicht selten Anastomosen. Auch im Mark sind sie zu treffen. Besonders reich sind ihre Verästelungen in den Blattknoten und den Blattpolstern. Sie besitzen oft auffallend dicke Wände, werden manchmal abwechselnd enger und weiter, durchdringen auch die Markstrahlen, um das äussere und innere System zu verbinden. — Bei *Sambucus nigra* sind die sogenannten Milchsaftgefässe ein-

fache, ununterbrochen fortlaufende weite Schläuche, die weitläufig um die Peripherie des Markes vertheilt sind, sich auch wohl hin und wieder in der Rinde finden. — Die Milchsaftgefässe der Aroideen gehören zum Theil den netzförmigen an und verlaufen als Bestandtheile der Fibrovasalstränge zwischen den Siebröhrenbündeln und dem Parenchym. Sie senden Zweige in die Intercellularräume, die sich wieder mannigfach verzweigen und verästeln; die Enden laufen oft blind aus. Ausserdem finden sich auch noch andere Milchsaftgefässe von sehr weitem Durchmesser und mit sehr dünnen und feinen Wänden zwischen den Siebröhren und den Spiralgefässen; sie sind von einer Lage sehr langer, schmaler, parenchymatöser Zellen umgeben. Diese besitzen weder Auswüchse noch Zweige, noch Anastomosen. Die dritte Art von Milchsaftgefässen steht in der Gestalt zwischen den beiden genannten, ist im Parenchym zerstreut, bisweilen mit den netzförmigen Gefässen des ersten Typus durch einzelne Zweige verbunden. — Auch bei *Clusia* und *Alisma* untersucht Hanstein die Milchsaftgefässe. Dieselben sind hier weit und bilden ein vollständiges Netz, doch ist noch unentschieden, ob hier diese Gefässe überhaupt eine eigene Wandung haben oder nicht.

Hanstein fasst die Resultate seiner Beobachtungen in folgenden Sätzen zusammen. Er sagt: «Aus allem geht hervor:

1. Dass diese Schläuche, die den milchigen Saft führen, wahre Gefässe, d. h. Verschmelzungen von Zellen «Zellfusionen» nach Unger sind. Und zwar tritt die Verschmelzung bei ihnen in grösserer Vollkommenheit auf, als bei den Gefässen des Holzes, insofern man häufig die einzelnen Glieder nicht mehr unterscheiden kann.

2. Dass die Milchsaftgefässe von den Bastfasern in den meisten Fällen so verschieden sind, dass sie durchaus nicht als ihnen identisch angesehen werden können, sondern mit Recht Anspruch haben, als eigenthümliche Organe des Bastsytems gewürdigt zu werden.

3. Dass sie ein in sich abgeschlossenes System bilden, sich in der Mehrzahl der Fälle nur mit ihres gleichen verbinden und eine offene Communication mit den Gefässen des Holzes nicht nachweisen lassen, selbst in den seltenen Fällen nicht, wo sie mit Spiralgefässen unmittelbar benachbart sind, und dass sie auch keine dergleichen Vereinigung mit andern Elementen der Bastschicht eingehn.

4. Dass sie gewöhnlich schon vor den Spiralgefässen, also als erstes Glied des prosenchymatischen Systems aus dem Cambium hervorgehn und ihre letzten Enden an Dicke die feinsten Spiralgefässe oft weit übertreffen.

5. Dass sie jedoch, mögen sie im Stengel auch vereinzelt auftreten, die Gefässbündel überall hin bis in die Blätter und Blüthen hinein begleiten, und sich denselben in den Blättern zumal am innigsten anfügen.

6. Dass sie aber schliesslich doch die letzten Enden der Spiralgefässe allein verlaufen lassen, stumpf und blind endigen, und mehr Neigung zeigen, sich im Parenchym zu verlieren, als sich an die andern röhrigen Organe des Gefässbündels zu binden.»

Dieses sind die Ansichten von Hanstein, und dürfen dieselben wohl als von der Mehrzahl der Botaniker adoptirt gelten, da sich Sachs in seinem «Lehrbuch der Botanik» denselben völlig anschliesst.

Noch ist eine zweite ausführliche Arbeit zu erwähnen, welche zuerst von der Pariser Akademie und dann noch von der Rotterdamer den Preis erhielt, das ist die Arbeit von Dippel[1]). Indem ich seine Untersuchungen über Cichoriaceen, Papayaceen, Papaveraceen, Campanulaceen u. dgl. übergehe, da hier die Resultate den Hanstein'schen sehr nahe kommen, wende ich mich zu seiner Untersuchung der Entwicklungsgeschichte der Milchsaftgefässe zunächst bei *Ficus carica*. Hier erscheinen die jungen Milchsaftgefässe im Urparenchym des Vegetationskegels sich eng an die umgebenden Zellen anschmiegend, daher den Intercellularräumen ähnlich, aber mit eigner Haut versehen. Hin und wieder nimmt man eine Querscheidewand wahr, die ein junges Milchsaftgefäss in ein oberes, kürzeres und ein unteres, viel längeres Stück theilt; oft lässt sich auch ein noch mit mehreren Scheidewänden versehenes Milchsaftgefäss eine Strecke weit nach unten verfolgen. Auf dieser Entwickelungsstufe besteht das Gefässbündel nur aus lang gestreckten Cambiumzellen, und erst später als die Milchsaftgefässe entstehen die Spiralgefässe. Dippel schliesst nun aus den angeführten Thatsachen, dass die Entwicklung der Milchsaftgefässe genau so erfolge, wie die der

[1]) «Entstehung der Milchsaftgefässe und deren Stellung in dem Gefässbündelsystemc der milchenden Gewächse. Rotterdam. 1865.»

Gefässbündelelemente. Es sind nämlich immer bestimmte Zellen des Urparenchyms, welche sich in ganz bestimmter Weise umbilden, indem sie nach Verlust des Chlorophylls sich mit klarem Inhalte füllen und an Länge mehr und mehr zunehmen. Die Zellen, welche diese Umbildung erleiden, sind immer solche, welche mit den oberen Enden derjenigen Zellen in Berührung stehn, die schon in Milchsaftgefässe übergegangen sind. Auf diese Weise ist es ermöglicht, dass die Milchsaftgefässe gleichwie die Gefässe des Holzbündels als ein zusammenhängendes Ganze die Pflanze von einem Ende bis zum andern durchziehn. Aber auch aus dem Cambium entstehen in den ersten Vegetationsperioden Milchsaftgefässe, was jedoch späterhin völlig oder fast völlig unterbleibt. — —

Hierauf bespricht Dippel die Milchsaftgefässe von Euphorbien und zwar von *Euphorbia splendens*. Im Vegetationskegel lassen sich die jungen Gefässe leicht erkennen. Auch hier sind es nach unten hin mit den älteren Bildungszellen der Milchsaftgefässe in Verbindung stehende Zellen des Urparenchyms, welche sich zunächst durch die Umbildung ihres Inhalts differenziren und dann sich mehr und mehr in die Länge zu strecken beginnen. In den jüngsten und in jugendlichen Entwickelungsstadien lassen sich diese Querwände noch beobachten, in weiter fortgeschrittenen Zuständen dagegen ist dies schwierig, wenn nicht unmöglich, die betreffenden Zellen müssen sich daher sehr schnell und bedeutend in die Länge ausdehnen, oder sie müssen sehr zeitig mit einander verschmelzen. Die Verästelungen der Milchsaftgefässe mögen theilweise wohl in der Umbildung seitlich mit denselben in Berührung stehender Parenchymzellen beruhen, theilweise gehen sie aber auch aus der Verzweigung einzelner Bildungszellen hervor. — Von den Apocyneen und Asclepiadeen theilt der Verfasser eine Entwicklungsgeschichte nicht mit, doch giebt er von den Milchsaftgefässen derselben an, dass Querscheidewände derselben zu finden seien.

Als Endergebnis der Untersuchung über die Entstehung der Milchsaftgefässe stellt Dippel folgende Sätze auf:

«1. Die Milchsaftgefässe nehmen ihren Ursprung entweder in der primären Rinde und dem Markparenchym der Knospenspitze und der jungen Blattorgane, oder sie entstehen vorzugsweise an der Peripherie und im Innern des jugendlichen, nur aus gestreckten

Zellen bestehenden Gefässbündels. Hier und da entwickeln sie sich sowohl in Mark und Rinde, als in dem Gefässbündel.

2. In allen Fällen gehen dieselben aus Zellen hervor, und zwar im ersten Falle aus den Zellen des Urparenchyms, in den andern aus den Zellen der Cambiumschicht allein, oder aus ihnen und solchen des Urparenchyms.

3. Die jüngsten Enden (Zellen) der Milchsaftgefässe stehen mit den ältern in senkrechter Richtung derart in Verbindung, dass sie später mit ihnen einen der Axe des betreffenden Organes mehr oder minder genau parallelen Gefässstrang bilden.

4. Alle Veränderungen, welche die ursprüngliche Entstehungsweise mehr oder minder zu verdecken im Stande sind, wie die Resorption der Querwände, das Verschmelzen der Seitenwände, endlich die Vereinigung der Milchsaftgefässe desselben Gefässbündels sowohl, als derjenigen der benachbarten Gefässbündel zu einem zusammenhängenden Netze, beruhen auf späteren, den jugendlichen Entwickelungszuständen nachfolgenden Umbildungen.

5. Der Zeit nach entstehen die isolirten Milchsaftgefässe der Rinde und des Markes, soweit dieses von mir beobachtet wurde, schon vor der Umbildung der Zellen des jugendlichen Gefässbündels in Ring- und Spiralgefässe, während diejenigen, welche mit dem Gefässbündel in unmittelbarer Beziehung stehen und aus diesem letzteren angehörenden Cambiumzellen hervorgehen, mit der Entstehung der genannten Gefässe gleichen Schritt halten, so weit sich dies aus der Umbildung des Inhalts schliessen lässt.

6. In den ausdauernden Wurzeln werden die Milchsaftgefässe, so lange die erstere noch weiter wächst, neben Bast-, Holz- und Gefässzellen periodisch in dem Cambium nachgebildet. In dem einjährigen Stengel, sowie da, wo dieselben nur in der primären Rinde und dem Marke auftreten, entstehen dieselben nur einmal während der Vegetationsperiode. In dem ausdauernden Stengel endlich entwickeln sich die fraglichen Elementarorgane, soweit sie dem Gefässbündel angehören, wie in der Wurzel fortwährend aufs neue aus dem Cambium.»

Im zweiten Theile seiner Abhandlung behandelt Dippel die Milchsaftgefässe der einzelnen Familien noch im speciellen, so auch die der Euphorbiaceen, Moreen, Apocyneen und Asclepiadeen. Aus diesen Mittheilungen werde ich noch später Gelegenheit haben, einzelne Punkte hervorzuheben und zu besprechen.

Hier ist es nur noch nothwendig, kurz dasjenige zu berühren, was dieser Beobachter ausdrücklich über die Stellung der Milchsaftgefässe im Gefässbündelsystem und über ihre physiologische Bedeutung sagt.

Er sagt (l. c. p. 98): Wenn wir die Stellung der Milchsaftgefässe in dem Gefässbündel der milchenden Gewächse überblicken, so erkennen wir, dass in dieser Beziehung sich zwar mancherlei Verschiedenheiten geltend machen, zugleich aber kann uns nicht entgehen, dass dieselben ein wesentliches Element des Bastbündels der milchenden Gewächse ausmachen. Eines Theils treten sie nämlich in unmittelbare Beziehung zu diesem letzteren, anderen Theils erscheinen sie an solchen Stellen, wo bei andern Pflanzen entweder isolirte Bastbündel oder vereinzelte Bastzellen auftreten, wie in dem Rindenparenchym und dem Markgewebe. — Indem nun der Verfasser weiter fusst auf seiner Ansicht, dass alle Milchsaftgefässe aus übereinander gestellten Zellen entstünden, deren Querwände erst von Tüpfeln durchbrochen und dann resorbirt würden, erklärt er: Mit den Bastfasern, seien diese nun in gewöhnlicher Weise verdickt oder dünnwandig, sind sie in keiner Weise identisch; und weiter unten: Die Milchsaftgefässe bilden Bastgefässe der milchenden Gewächse, welche in der Jugend zum mindesten die Function der Siebröhren erfüllen, im Alter vielleicht nur Reservestoffe führen.

Dieses sind die Untersuchungen über Milchsaftgefässe. Der Satz, worin alle neuern Autoren übereinstimmen, lautet:

Die Milchsaftgefässe sind Zellfusionen und gehören zum Bastsystem.

II.

Eigne Beobachtungen.

1. Die Euphorbiaceen.

Euphorbia splendens L.

Vermöge der Deutlichkeit ihrer Milchsaftgefässe sind die Euphorbiaceen vorzüglich zu Untersuchungen geeignet, und zwar wähle ich zunächst *Euph. splendens L.*, welche ebenso wie *Euph. Caput Medusae L.* wegen der Fleischigkeit des Stengels am leichtesten zu behandeln ist.

Der fünfkantige Stengel der genannten Species zeigt im Querschnitt ein wohl entwickeltes Rinden- und Markgewebe, zwischen denen ein schmaler Gefässbündelring liegt. Auf der Epidermis finden sich ziemlich reichlich Haare, welche zwei-, sehr selten mehrzellig und bis siebenzellig sind. Unter derselben findet sich eine etwa 4—6 Zellen starke Peridermschicht, an welche sich Collenchym anschliesst, welches etwa fünf Zellschichten dick, in seinen Zellen Chlorophyll führt und ausserdem Krystalle, welche anscheinend in Form von Rhomboedern krystallisiren. Einzelne Zellen des Collenchyms enthalten bei dieser, sowie bei den übrigen Euphorbien-Arten einen rothen Farbstoff. Zwischen dem Collenchym und dem Gefässbündelring liegt das sehr reichlich entwickelte Rindenparenchym, das eine Dicke von etwa 30—40 Zellschichten haben mag, und dessen Zellen nur wenig Chlorophyll haben. Der ganze Durchmesser des Markes beträgt ungefähr 45 Zellen. Im Rindenparenchym sowohl als auch in dem des Markes finden sich zahlreiche Intercellularräume, die vielfach dadurch zu Stande kommen, dass die Zellen, wenn sie sich im spätern Wachsthum abzurunden suchen, durch papillenartige Auswüchse von verhältnissmässig kleinem Durchmesser mit einander in Verbindung bleiben. Derartige Verbindungen zeigen sich von oben gesehen als einfache runde Tüpfel. Es ist dies also eine entfernt ähnliche Bildung, wie sie Sachs in seinem Lehrbuch Fig. 21 A. abbildet. Ausserdem finden sich auch in dem Parenchym, namentlich in dem des Markes sehr grosse leiterförmige Tüpfel, die auch im optischen Längsschnitt deutlich sichtbar sind. Vergl. Taf. III. Fig. 4. Der Gefässbündelring selbst ist nur schmal; in dem Holztheile desselben finden sich Gefässe in Gruppen von 2—5 Stück zusammenstehend; er wird nur spärlich durch schmale Markstrahlen unterbrochen, die in der Regel eine Breite von 1 bis 2 Zellen nicht überschreiten, aber es entstehen grössere Verbindungen zwischen dem Rinden- und Markparenchym, wenn von dem Gefässbündelringe aus sich einzelne Bündel ausscheiden, um nach den Blättern und Nebenblättern hinzugehn.

An der äussern Seite des das Gefässbündel umgebenden Cambiumringes finden sich zahlreiche Milchsaft führende Organe, die sich schon auf dem Querschnitt sowohl durch die bedeutende Dicke ihrer Wandung als auch durch den dunkeln Inhalt von den übrigen Zellen unterscheiden; sie sollen im Verlaufe dieser

Arbeit als «Milchzellen» bezeichnet werden. Sie liegen meist einzeln oder zu zweien und dreien zusammen. Ihr Durchmesser ist hier, in der unmittelbaren Nähe des Cambiums, grösser wie der der umgebenden Parenchymzellen, aber kleiner wie derjenige der mehr nach der Peripherie hin gelegenen grossen Parenchymzellen. Aber nicht nur hier, dicht am Gefässbündel finden sich die Milchzellen, sondern sie sind vielmehr im ganzen Rindenparenchym zerstreut, und dabei bemerkt man, dass ihr Durchmesser desto mehr abnimmt, je mehr sie sich von dem Gefässbündel entfernen und sich der Rinde nähern. Auch im Marke finden sich die Milchzellen, meist dem Gefässbündel genähert und alle von geringerem Durchmesser als die erstgenannten Hauptstämme. Häufig im Rindenparenchym, seltener in dem des Markes sieht man diese Zellen horizontal verlaufen; man sieht sogar, wie dies auch Hanstein beobachtet und abgebildet hat, solche horizontale Stämme zwischen Mark und Rindengewebe durch die Markstrahlen hindurch ziehen; aber im Ganzen geschieht dies doch nur selten; ich selbst habe dies in einem etwa einen Centimeter hohen Stengelstück nur zwei mal gefunden.

Auf dem Längsschnitt zeigen sich diese Milchzellen als Röhren mit dicken Wandungen, welche ganz nahe der äussern Seite des Cambiums, d. h. an derjenigen Stelle des Pflanzenkörpers verlaufen, wo im Falle des Vorhandenseins die echten verdickten Bastfasern liegen. Sie verzweigen sich vielfach, und die Zweige, deren Durchmesser gleich oder kleiner wie der der Hauptstämme sein kann, gehen theils unter spitzem Winkel von diesen ab und laufen dann auf weite Strecken fast parallel mit denselben, oder der Winkel des Abbiegens wird grösser und schliesslich gleich einem Rechten, und dann verlaufen die Milchzellen horizontal, schlängeln sich in den mannigfaltigsten Krümmungen durch das Gewebe hin, ja sie kehren sogar um, um in entgegengesetzter Richtung weiter zu gehen. Die Zweige verzweigen sich selbst wiederum. Bisweilen sieht man auch auf dem Längsschnitt zwei parallel verlaufende Milchzellenstämme durch einen mehr oder minder horizontalen Ast verbunden, so dass eine H-förmige Figur entsteht, und überzeugt sich, dass die Milchsaftgefässe der Rinde mit der des Markes in Verbindung stehen; an solchen Stellen nämlich, wo durch Austreten eines Gefäss-

bündels eine der oben erwähnten grossen Communicationen zwischen beiden Geweben hergestellt wird, ziehen manchmal einzelne derselben, nur wenig gegen die Axe des Stengels geneigt, aus dem Rinden- in das Markparenchym; solche erscheinen daher auf dem Querschnitt natürlich nur von ovalem Durchschnitt.

Auch die Blätter haben Milchzellen und ebenso die Dornen. Die letzteren, welche zu je zwei an der Basis eines Blattes stehn und daher wohl als Nebenblätter der in der $^2/_5$ Ordnung gestellten Blätter betrachtet werden müssen, bekommen je ein Gefässbündel und zugleich mit diesem treten Milchzellen in den Dorn. Das zum Blatt verlaufende Gefässbündel bildet einen Mittelnerv, von welchem aus eine Anzahl Hauptäste in die Blattspreite abgehen, und diese spalten sich selbst wieder in feinere und immer feinere Verzweigungen. Um diese Verhältnisse zu beobachten, habe ich mit grossem Erfolge das von Hanstein angegebene Verfahren angewandt; ich legte Blätter der Euphorbie einen Tag in absoluten Alkohol und dann einen oder einige Tage in Aetzkali, wodurch dieselben so durchsichtig wurden, dass Theile derselben sofort als mikroskopische Objekte zu brauchen waren. Die letzten Verzweigungen der Blattnerven anastomosiren zum Theil, zum Theil laufen sie aber auch mit blinden Enden im Mesophyll aus. Der Weichbast, welcher mit dem Gefässbündel ins Blatt eintritt, begleitet jedoch nur die stärkeren Verzweigungen des Blattnerven und fehlt bei den feineren, so, dass also die äussersten Enden des Gefässbündels im Blatte lediglich aus an einander gereihten Spiralgefässen bestehen; wo die äussersten Enden blind auslaufen, da sind, wie schon Hanstein angiebt, ihre letzten Zellen entweder eigenthümlich geformte, sackartige, bisweilen quer angefügte Spiralgefässe, oder es sind selbst nur netzartige oder punktirte Gefässe, welche weniger verdickt und mehr durchscheinend sind und somit die Communication des Gefässbündels mit den Blattparenchymzellen herzustellen scheinen. Die Milchzellen nun begleiten, wie man sich auch auf dem Längsschnitt durch eine Blattinsertionsstelle überzeugt, das aus dem Stamme in den Blattstiel einbiegende Gefässbündel mit in dieses hinein, und, wie ein Blick durch das durchsichtige Blatt lehrt, sie folgen demselben, soweit der Weichbast ihm folgt. Von den Blattnerven aus streichen ihre Verzweigungen regellos durch das Parenchym hin; eine Verbindung zwischen ihnen und den Gefässen des Holzes

habe ich niemals beobachten können. Ein Querschnitt durch die Mittelrippe des Blattes zeigt, dass ihr Verlauf auf der untern, d. h. wie im Stengel auf der äussern Seite des Gefässbündels stattfindet, doch drängen sich ihre ziemlich häufigen Verzweigungen bis in die unmittelbare Nähe der obern und der untern Epidermis. Ihr Durchmesser ist durchweg kleiner wie der im Stamme befindlichen, auch sind sie nicht so dickwandig wie diese. Weitere Unterschiede finden nicht statt.

Weil die Milchzellen im Stamme wohl niemals ganz gerade und in einer Ebne verlaufen, so ist es selbst bei sehr gleichmässigen Schnitten nicht möglich, eine und dieselbe Zelle genügend weit zu verfolgen und noch viel weniger die Enden desselben zu sehn, da diese, wie sich herausstellt, ausserordentlich fein sind. Um daher ein möglichst vollständiges Bild einer Milchzelle zu gewinnen, ist es durchaus nothwendig, eine solche zu isoliren, was nach Erwärmung des Stengels in verdünnter Kalilauge geschehen kann; freilich ist es auch dann noch schwierig, eine einigermassen vollständige frei zu präpariren, da dieselben in Folge der Einwirkung des Kali leicht zerreissen. Auf Tafel I. Fig. 1 habe ich ein ziemlich vollständiges Exemplar abgebildet. Man bemerkt an der Milchzelle einen Hauptstamm, welcher sich mehrfach in Aeste zertheilt, die bisweilen von gleichem Durchmesser, wie der Hauptstamm selbst sind. Vorzüglich in die Augen fallend aber ist es, dass die Milchzelle an beiden Enden in eine grosse Anzahl kleiner Verzweigungen ausläuft, welche alle ausserordentlich fein sind und blind endigen. Die Zeichnung gibt das Bild einer wirklich vorhandenen Zelle, jedoch habe ich der leichtern Uebersichtlichkeit wegen die in Wirklichkeit unter ganz verschiedenen Winkeln abgehenden Zweige spitzwinklig angeordnet, und die Zeichnung ist demnach halb schematisch. Indessen ist auch diese Milchzelle nicht ganz vollständig, vielmehr an einigen wenigen Stellen abgerissen. Die Länge der besprochenen Zelle war bedeutend; die Entfernung zwischen den beiden entferntesten Punkten beträgt 11,754 mm., während die Dicke nur 0,044 mm. misst; ich erwähne jedoch ausdrücklich, dass die meisten von mir beobachteten Zellen noch länger und dicker waren. Unter den macerirten Milchzellen fand ich einigemal solche, welche eine mehr oder weniger annähernd H-förmige Gestalt zeigten. Niemals aber fand ich in sich zurück-

laufende, schlingen- oder netzartige Formen, was von grosser Bedeutung ist.

In der Wurzel von *Euphorbia splendens* ist das Stellungsverhältnis der Milchzellen ein ganz ähnliches. Die Wurzel dieser Species zeichnet sich aus durch ein ausserordentlich schön und reichlich entwickeltes Peridermgewebe, welches häufig sogar aus zwanzig Zellschichten besteht. Zwischen dem Periderm und dem centralen Gefässbündel befindet sich ein verhältnismässig nur wenig entwickeltes Parenchym, welches meist nur 5—6 Zellreihen dick ist. Viele der Zellen desselben enthalten einen Secretionsstoff von bräunlich-gelbem Ansehen und einem ölartigen Lichtbrechungsvermögen. Echte Bastfasern sind in der Wurzel ebenfalls nicht wahrzunehmen. In diesem Rindenparenchym zerstreut und namentlich gegen die Cambiumschicht hin liegen die Milchzellen zerstreut, aber weniger dicht wie im Stengel; auch bemerkt man einzelne auf kurze Strecken horizontal verlaufen. Sie enthalten gleichfalls einen weissen Milchsaft, doch wie es scheint, keine Stärke. Sie verlaufen durch weite Strecken der Wurzel und sind, wie Längsschnitt und Maceration lehren viel weniger häufig verzweigt wie die des Stammes; auch ihre Wandungen sind in der Regel dünner wie die der genannten, und die Haut macerirter und isolirter Milchsaftgefässe zeigt daher oft deutliche Falten. Vergl. Taf. I. Fig. 3. Oftmals sind auch solche zu finden, welche streckenweise sehr enge, streckenweise wieder sehr weit sind und welche an vielen Stellen die Spuren davon zeigen, dass sie sich an die umgebenden Zellen angeschmiegt und sich den Intercellularräumen anbequemt haben. Dies geht sogar bisweilen soweit, dass die Milchzelle ganz eigenthümliche Zacken und Ausstülpungen zeigt, wie dies Tafel I. Fig. 2 abgebildet ist.

Um die Entstehung der Milchzellen kennen zu lernen, erwärmte ich Zweigspitzen von *Euphorbia splendens* in verdünntem Aetzkali und brachte dann den Vegetationskegel des Triebes nebst den darunter befindlichen jüngsten Theilen des Stengels auf ein Objektglas, wo es mit der Nadel und durch sanftes Quetschen mittelst eines Deckgläschens gelang, die jungen Gewebe zu trennen und ganz jugendliche Milchzellen zum Vorschein zu bringen. Die jüngsten Zustände, welche ich beobachten konnte, stellten Zellen dar, welche in ihrem Durch-

messer von den umgebenden Urparenchymzellen etwa um das 3—4fache übertroffen wurden, an Länge dagegen 3—6 mal länger waren wie diese. Es sind also in diesem Zustande kurze enge Schläuche, deren beide Enden zugespitzt sind. Einmal fand ich auch einen solchen Schlauch, dessen eines Ende stumpfwinklig umgebogen und von grösserem Durchmesser war wie der übrige Theil des Schlauches. Die Wandungen solch junger Milchzellen waren äusserst zart und nicht dicker wie die der umgebenden Parenchymzellen, aber bei starker Vergrösserung deutlich sichtbar. Querwände in denselben oder auch nur Spuren solcher habe ich niemals wahrgenommen. In diesem Zustande hatten die Zellen schon einen trüblichen Inhalt und charakterisirten sich hierdurch sowohl, als auch durch ihre Lage deutlich als die Jugendzustände der Milchsaft führenden Organe. — Solche Zustände sind indessen nur in solchen Stengelspitzen der Euphorbia vorhanden, welche sich im Wachsthum befinden, nicht aber in solchen, die bereits in der Winterruhe sind; es scheint demnach, dass, wenn beim Beginn der Winterruhe in den Vegetationskegeln die Streckung der übrigen Gewebe eingestellt ist, die Milchzellen noch eine Zeit lang fortfahren sich zu verlängern und in die Intercellulargänge hineinwachsen. Bestätigt wird die Vermuthung durch die Beobachtung an Längsschnitten durch ruhende und an solchen durch wachsende Vegetationskegel; bei ersteren nämlich dringen deutliche lange Milchzellen bis dicht unter den Kegel selbst, bei letzteren treten dieselben erst in einer viel grössern Entfernung von demselben auf. Taf. I, Fig. 4.

Die weitere Entwickelung der behandelten Organe habe ich an *Euphorbia Caput Medusae L.* beobachtet, theile jedoch des Zusammenhanges wegen die Resultate davon schon hier mit, was um so unbedenklicher geschehen kann, als die Milchzellen dieser Art den bisher behandelten überaus ähnlich sind. — Hat das junge Gefäss die beschriebene Grösse erreicht, so fängt es an, sich zu verzweigen, und zwar kann dies dadurch geschehen, dass an dem kleinen Schlauch eine geringe seitliche Ausstülpung entsteht, welche allmählich länger und länger wird, oder dadurch, dass der Schlauch oder ein Zweig desselben sich an der Spitze gabelt, sich gewissermassen dichotomirt (vergl. überall hierzu Taf. I, Fig. 5 u. 6. Taf. II, Fig. 1—5. Bisweilen nun geht

ein solcher seitlicher Zweig etwa rechtwinklig vom Hauptstamme ab (I, 5.), häufiger geschieht es noch, das die Verzweigung eine mehr oder weniger spitzwinklige ist. Die Zweige verästeln sich von Neuem, und zwar kann es dann geschehen, dass ein solcher Zweig sich in der Weise dichotomirt, dass die beiden neu entstandenen Zweige mit einander fast einen gestreckten Winkel bilden (z. B. Taf. I, Fig. 6). Wenn diese nun weiter wachsen, kräftiger werden und sich selbst wiederum verästeln, so müssen nothwendig H-förmige Gestaltungen entstehen, d. h. es muss dann nothwendig so aussehen, als wenn zwei Milchzellen mittelst eines horizontalen Astes miteinander in Verbindung getreten seien. Man begreift, dass durch solche complicirte Verästelungen höchst mannigfache Configurationen entstehen können. Trotzdem diese nun in der That geeignet sind, die Ansicht von verschmolzenen oder anastomosirenden Milchzellen hervorzurufen, so genügt doch der mitgetheilte Entwickelungsgang, sowie die Vergleichung der betreffenden Figuren für die Ueberzeugung, dass jene Configurationen eben nur der Verzweigung einer einzigen Schlauchzelle ihren Ursprung verdanken. Von irgend welchen Querscheidewänden habe ich auch hier nicht eine Spur entdeckt.

Bei der Verzweigung spielen eine grosse Rolle die Intercellularräume, welche schon frühzeitig im jungen Gewebe entstehen und weit genug sind, um die anfänglich noch dünnen Milchzellen hindurch zu lassen. Ein Beweis für diese Behauptung liegt darin, dass sowohl ältere als jüngere Milchzellen die Formen der umgebenden Parenchymzellen in der eignen Form wiedergeben (Taf. II, Fig. 4), was doch wohl nicht so deutlich geschehen könnte, wenn die Wandungen der Zellen nicht geeignete Weichheit besässen, eine Weichheit, die es auf der andern Seite unwahrscheinlich macht, dass die Zelle gewissermassen durch eigne Kraft sich einen Weg durch das umgebende Parenchymgewebe hindurch bahne. Da nun ausserdem die Zweige oft einen ausserordentlich gebognen, geschlängelten und gekrümmten Verlauf haben, so darf wohl die Behauptung als gerechtfertigt angesehen werden, dass die Richtung des Wachsthums der Milchzellen vielfach bestimmt wird durch die räumliche Beschaffenheit der umgebenden Intercellularräume, dass der Durchmesser jener sowie die Form ihres Querschnittes viel-

fach von diesen abhängig sind. Solche Querdurchschnitte sind dreieckig, viereckig u. s. w. Taf. III, Fig. 2 und 3. Einmal habe ich sogar an einem Längsschnitt, durch junge Theile von *Euph. Caput Medusae* das Hineinwachsen eines Astes in einen Intercellularraum direkt beobachtet. Von einer längeren Milchzelle war ein ganz kurzer Zweig fast rechtwinklig sich abzweigend ein Stückchen in einen benachbarten deutlich vorhandenen Intercellularraum eingetreten. Dass nicht etwa der junge Zweig an der Spitze abgeschnitten war, dafür bürgte der Umstand, dass noch ein Theil der darüber und der darunter liegenden Zellschicht vorhanden war, wobei man also das Abschneiden hätte wahrnehmen müssen. Ueber die Identität des Intercellularraumes war auch kein Zweifel, da derselbe mit Luft erfüllt und also dunkel war. Taf. IV, Fig. 1.

Durch diese Entstehungsgeschichte ist indessen noch nicht entschieden, welche Stellung die Milchzellen im Gefässbündelsystem oder überhaupt im Gewebe der Pflanze einnehmen. Eine solche Entscheidung kann nur getroffen werden, wenn man ihren Entstehungsort auf Längsschnitten auffindet. Doch ist der Umstand zu beachten, dass diese Schnitte, wenn sie beweisend sein sollen, nicht allzudünn sein dürfen, weil in letzterem Falle die Enden der Milchzelle häufig abgeschnitten sind, und man dann versucht ist, vielleicht nur ein kurzes Stückchen einer viel längeren aber zerschnittenen Milchzelle für ein junges Individuum zu halten, das noch unverletzt ist. Nur wenn die nächst obere und nächst untere Parenchymschicht noch vorhanden ist, kann man zu der Gewissheit gelangen, dass die junge beobachtete Milchzelle noch ganz geschlossen ist. Um jedoch die durch die Dicke des Schnittes unvermeidliche grössere Undurchsichtigkeit des Gewebes möglichst zu vermeiden, fand ich das Verfahren geeignet, einen solchen Schnitt einen Tag lang in Alkohol und dann etwa eine Minute lang in verdünntes Aetzkali zu bringen. Nachdem dieses abgewaschen und Glycerin darauf gebracht worden war, war das Gewebe leidlich durchsichtig geworden, jedenfalls genügend dazu, um die durch ihren trüblichen Inhalt kenntlichen Milchzellen als solche zu recognosciren. — Es zeigte sich nun an solchen Längsschnitten, dass die jungen Milchzellen, wie dies auch Dippel gesehen hat, im Urparenchym gelegen sind, durch zwei oder mehr Parenchymzellen von dem Procambium (Sachs') getrennt. Weiter nach unten zu sind die Milch-

zellen schon viel mehr entwickelt und nicht mehr als geschlossenes Ganzes zu erkennen. Ich habe eine solche eben erst entstandene junge Zelle auf Taf. III, Fig. 1 abgebildet. Die mit a bezeichnete ist vom Vegetationskegel etwa 1/2 mm. entfernt, und die Entstehung der jungen Milchsaftorgane im Rindenparenchym ist also eine sehr frühzeitige; sie geht sogar derjenigen der Spiralgefässe voran, denn diese treten in dieser Zeit noch nicht im Procambium auf. Wesentlich also ist, dass das junge Organ im jugendlichen Rindenparenchym entsteht, nicht aber im Procambium, denn dadurch wird erwiesen, dass die Milchzellen dem Gefässbündelsystem gar nicht angehören, sondern dass sie einfach Bildungen des Rindenparenchyms, d. h. des Grundgewebes sind. Man muss sich ihre Bildung so vorstellen, dass einzelne Zellen dieses letzteren schon sehr frühzeitig aufhören sich zu theilen, sich bald mit einem trüblichen, aber erst später milchigen Inhalte anfüllen, und dass sie die angrenzenden Intercellularräume zu selbständigem Wachsthum benützen, während sie zugleich passiv in die Länge gezogen werden, da sich ja die Internodien erst strecken, wenn die erste Anlage der jungen Milchzelle nachweislich schon vorhanden ist.

Auf einem solchen Längsschnitte nimmt man ferner wahr, dass sich im Marke noch keine Milchzellen vorfinden, während dieselben im Rindenparenchym schon sehr entwickelt sind. Weil ferner häufig da, wo im Marke Milchzellen zuerst auftreten, auch Verzweigungen der im Rindenparenchym befindlichen in das Mark eindringen, so muss angenommen werden, dass die Milchzellen des Markes nur Verzweigungen der in der Rinde befindlichen sind. Bestätigt wird die Annahme dadurch, dass der Durchmesser dieser Zellen im Marke immer und meist viel kleiner ist, wie derer ausserhalb des Gefässbündelringes, und dass dieselben immer nahe dem Gefässbündel und den Markstrahlen stehn. Auch kommt dazu noch die oben angeführte Beobachtung, dass die Milchzellen der Rinde und des Markes bald durch horizontal, bald durch schräg verlaufende Stämme in Verbindung stehn. In gleicher Weise sind auch die im Rindenparenchym der Epidermis genäherten Zellen, deren Durchmesser ja auch abnimmt mit der Entfernung vom Gefässbündel, nur als Zweige der Hauptmilchzellenstämme anzusehn.

Wie verhalten sich nun zu diesen Resultaten die Ansichten und Forschungen der früheren Beobachter?

Schultz spricht in seinem oben angeführten Werke «*Sur la cyclose du latex*» nicht nur von einem völligen Gefässsystem von milchsaftführenden Organen bei den Euphorbiaceen, sondern er giebt auch (Taf. 6, Fig. 4 u. 10) Abbildungen von Milchzellen, welche nicht nur verzweigt sind, sondern auch netz- oder schlingenartig in sich zurücklaufende Formen zeigen. Diese Abbildungen sind geradezu falsch. Nicht nur ich selbst habe trotz sehr zahlreicher Isolirungen von Milchzellen niemals solche Verbindungen gesehen, sondern ebenso ist es auch allen andern Beobachtern nach Schultz ergangen, wenigstens deutet niemand auf solche Formen hin. Ist nun aber nachgewiesen, dass jede Milchzelle ein für sich allein bestehendes isolirtes Organ ist, so ist damit auch die Nichtigkeit der Schultz'schen Hypothese wenigstens in Bezug auf die Gefässe von Euphorbia genügend erwiesen. — — Aber eben so wenig erscheint jetzt die Ansicht der «Ungenannten» Forscherin gerechtfertigt, welche zuerst die Entstehung der in Frage stehenden Organe genau untersuchte und bekanntlich zu dem Resultate kam, dieselben wären ursprünglich Intercellularräume, die sich nachträglich mit einer Haut bekleideten. Es ist dies nicht nur eine Ansicht, die, wie auch schon andere es aussprachen, mit unserer heutigen Kenntnis von der Zellbildung in Widerspruch steht, — es ist auch eine Ansicht, welche direkt dadurch widerlegt ist, dass junge Milchsaftgefässe sich sowohl macerirt allseitig geschlossen, als auch auf dem Längsschnitt mit einer Haut versehn zeigen, welche, obschon sehr dünn, doch bei genügender Vergrösserung sichtbar ist. Aber es bleibt immerhin von Interesse, dass die Intercellularräume für die Entwicklung der Milchzellen nicht ohne Wichtigkeit sind, insofern sie auf die Richtung ihres Wachsthums theilweise Einfluss üben.

Belangreicher und länger geltend waren die Ansichten Schachts über diese Frage. Er erklärte die Milchzellen der Euphorbien, sowie der übrigen noch abzuhandelnden Familien für metamorphosirte echte Bastfasern und hielt sich dabei an die allgemeine Form derselben. Er sah, dass sie von bedeutender Länge und an den Enden verzweigt sind und er erkannte richtig, dass Communicationen unter ihnen nicht stattfinden.

Bestärkt wurde er in seiner Täuschung dadurch, dass bei einigen Euphorbia-Arten, wie z. B. bei der besprochenen, in der That der echte Bast fehlt, und dass dann natürlich die Milchzellen, da sie bei Euphorbia die Neigung haben sich dem Gefässbündel zu nähern, an die Stelle desselben zu stehen kommen. Indessen ist die blosse Formenähnlichkeit und selbst die Stellung an und für sich durchaus noch kein genügender Grund für die Schacht'sche Behauptung. Gänzlich aber wird dieselbe widerlegt durch die Beobachtung, dass die Milchzellen ihren Ursprung nicht dem Procambium resp. Cambium verdanken, was nothwendig zum Begriffe des echten Bastes als eines Gefässbündelelementes gehört.

Hanstein und Dippel schliessen sich der Ansicht Schacht's in soweit an, als sie wie dieser die Entstehung der Milchzellen durch Verschmelzung von Zellen, sowie die Zugehörigkeit derselben zum Gefässbündelsysteme behaupten, wenn sie dieselben auch nicht für metamorphosirte Bastfasern ansehn. — Hanstein meint, die Milchzellen anastomosirten untereinander, er hat jedoch den Vorgang des Anastomosirens direkt niemals verfolgt. Offenbar kann man aber bei mangelnder direkter Beobachtung nur dann mit Sicherheit von Anastomosen sprechen, wenn ein Milchsaft führendes Organ eine schlingenartig in sich zurücklaufende Form hat, wie es z. B. bei *Lactuca* der Fall ist; solche Formen können eben nicht anders entstanden gedacht werden, als durch theilweise Resorption von Zellwand. Bei den Milchsaft führenden Organen von Euphorbia liegt aber ein solcher Grund nicht vor. Hanstein scheint bei diesen zur Annahme von Anastomosen hingeführt zu sein durch die bisweilen vorkommenden H-förmigen Gestalten; doch habe ich hiervon die Entstehungsweise durch Verzweigung einer einzelnen Zelle zur Genüge nachgewiesen.

Viel weitergehend ist die Hypothese von Dippel. Er behauptet nicht nur, dass die Milchzellen der Euphorbien durch Zellfusion entständen, sondern er giebt sogar die Art und Weise dieser Fusion genau an. Nach ihm vollzieht sich der Vorgang schon dicht unter dem Vegetationskegel, und zwar so, dass solche Zellen des Urparenchyms, welche nach unten hin mit älteren Bildungszellen der Milchzellen in Verbindung stehn, sich zunächst durch die Umbildung ihres Inhalts differenziren, sich dann mehr und mehr in die Länge strecken und schliesslich

durch Resorption der Querwände mit den älteren Milchzellen communiciren. Als Beweis für diese Hypothese führt Dippel an, dass man bei einem Längsschnitt durch einen Vegetationskegel hie und da Stellen finde, wo die Querwände noch deutlich sichtbar wären, dass diese Querwände auch noch in etwas älteren Pflanzentheilen zu finden seien, während sich dieselben in noch ältern Theilen trotz der grössten Mühe nicht mehr auffinden liessen. Diese Angabe ist wohl als beweiskräftig nicht anzuerkennen. Ich habe zwar selbst scheinbare Querwände von Milchzellen gefunden in der Weise wie Dippel, habe mich jedoch schliesslich bei dem genauesten Zusehn stets davon überzeugt, dass eine Täuschung vorlag durch die Zellwände darüber oder darunter liegender Zellen. Ich kann daher bei dieser Frage einzig und allein nur der Methode der Isolirung von Milchzellen Beweiskraft zugestehn. Isolirte Milchzellen zeigen aber selbst in den jüngsten Zuständen niemals auch nur eine Spur von Querwänden, was doch der Fall sein müsste, wenn die Hypothese Dippels begründet wäre. Da nicht anzunehmen ist, dass die behaupteten Querscheidewände ganz und gar plötzlich resorbirt werden, so müsste man bei der Maceration doch wenigstens hin und wieder Uebergangszustände auffinden, zumal doch bei Siebröhren, die ja auf eine ähnliche Weise entstehen, wie Dippel von diesen Milchzellen annimmt, keine Schwierigkeit obwaltet, die Entstehung bei der Isolirung zu beobachten. Aber nichts von alledem ist zu bemerken. Hierzu kommt nun noch, dass die ganz jungen Milchzellen an beiden Enden spitz auslaufen, was sich auch schwer mit jener Hypothese vereinigen lässt, und dass sie einen viel geringeren Durchmesser haben, wie die umgebenden Parenchymzellen. Endlich tritt nun noch die direkte Beobachtung hinzu, der zu Folge sich eine einzelne junge Zelle immer mehr und mehr verästelt und in die Länge streckt. Die Verzweigungen entstehen nach Dippel theils durch neu hinzutretende Zellen, theils aber auch durch das Auswachsen der schon vorhandenen Zellen. Also auch Dippel muss zur Erklärung aller Formen das Auswachsen zu Hilfe nehmen, was nach meiner Ansicht schon ganz allein die Entstehung des ganzen Gebildes erklärt. — Wie oben mitgetheilt wird, hat ferner Dippel ganz richtig beobachtet, dass die jungen Milchzellen im Urparenchym, resp. im jungen Rindenparenchym entstehen; nichts destoweniger er-

klärt er [1]), «dass dieselben ein wesentliches Element des Bastbündels der milchenden Gewächse ausmachen, da sie einestheils in unmittelbare Beziehung zu diesem letzteren treten, anderntheils an solchen Stellen erscheinen, wo bei andern Pflanzen isolirte Bastbündel oder vereinzelte Bastzellen auftreten; der Umstand, dass bei Euphorbia z. B. auch Milchsaftgefässe vorkämen, die nicht zu Bündeln vereinigt seien, sondern einzeln ständen, spreche nicht gegen diese Ansicht, da auch neben Bündeln echten Bastes einzelne verdickte Bastzellen zu finden seien.» Es ist nicht einzusehen, wie Dippel zu seiner Behauptung kommt; denn grade das ist das Kriterium für die Zugehörigkeit eines Organes zum Gefässbündel, ob dasselbe aus dem Procambium resp. Cambium entsteht oder nicht. Das Stellungs- und Formverhältniss allein ist sicher kein entscheidendes Moment.

Ich glaube also zur Genüge nachgewiesen zu haben, dass die Milchsaft führenden Organe von Euphorbia einfache Zellen und Bildungen des Grundgewebes sind.

Euphorbia Caput Medusae L.

Die Anatomie dieser Art stimmt bis auf unwesentliche Punkte mit der von Euphorbia splendens fast ganz überein. Die primäre Rinde ist nicht so stark entwickelt, wie dort; deutliche Markstrahlen sind vorhanden. Die Milchzellen stehen ebenfalls an der äussern Peripherie des Gefässbündels; sie sind auch hier stark verdickt, öfters von polygonalem Durchschnitt und häufiger wie bei der vorigen Art zu Bündeln von 2—5 Stück vereinigt. Ihr Querdurchschnitt zeigt oft deutliche Schichtung. Sie sind im Rindenparenchym zerstreut, verlaufen daselbst auch quer, kommen auch noch in den Markstrahlen vor, fehlen aber im Marke, jedenfalls ein Beweis, dass das Fehlen im Marke etwas Unwesentliches ist, und dass die Milchzellen im Marke nur Verzweigungen der im Rindenparenchym befindlichen sind. Im Allgemeinen sind die Milchzellen hier mehr auf die Zone rings um das Gefässbündel beschränkt; manchmal bilden sie hier, namentlich an der Aussenseite eines zu einem Blatte abgehenden Gefässbündels dichte Reihen. Ihre Verzweigung ist ebenso

[1]) l. c. p. 98.

mannigfaltig oder noch mannigfacher wie bei der vorigen Art. Mit Jod und Schwefelsäure färben sich die Milchzellen intensiv blau, bestehen also aus reiner Cellulose.

Die bei dieser Art vorkommenden Tüpfel des Parenchym gleichen nicht ganz denen der vorigen Art; sie sind verschieden gross und innerhalb ihres runden oder leistenförmigen Rahmens nicht leiterförmig verdickt, sondern es befinden sich in demselben zerstreut nur hier und da einige kleinere Tüpfel, von denen noch nicht feststeht, ob sie wirkliche Durchbohrungen der Haut oder nur dünne Stellen derselben sind. Diese Tüpfel entsprechen wiederum denjenigen Stellen der Parenchymzellen, wo dieselben mit einander in Verbindung bleiben, wenn sie auseinanderweichen und Intercellularräume bilden. Eine Communication der Parenchymzellen und der Milchzellen durch solche Tüpfel habe ich auch hier nicht aufgefunden, ebensowenig wie es bei dieser oder bei der vorigen Art möglich war, eine Verbindung zwischen Holzgefässen und Milchzellen zu constatiren oder selbst wahrscheinlich zu finden. Vergleiche Taf. IV, Fig. 2. Ueber die Entstehung der Milchzellen siehe oben.

Euphorbia Lathyris L.

Waren die beiden vorigen Arten vorzüglich geeignet uns über die Entstehung der Milchzellen aufzuklären, so ist dagegen diese Art in Bezug auf die Anordnung dieser Organe typisch zu nennen.

Der Stengel besteht aus einem voluminösen Marke, dessen Gewebe jedoch nur nach der Peripherie hin, da wo es an das Gefässbündel grenzt, dichter ist, im übrigen aber durch grosse Luftlücken durchaus locker und schwammig wird. Die Gefässbündel bilden einen schmalen, fast ganz geschlossenen Ring um das Mark herum; nur da, wo drei Gefässbündel nach einem Blatte abbiegen, entsteht auch hier wieder eine grössere Communication zwischen Mark- und Rindenparenchym. Dieses letztere, welches bei dieser Species ebenfalls reichlich entwickelt ist, ist nur an seiner äussern Peripherie, wo es an die Epidermis grenzt, sowie in der Nähe des Gefässbündelringes dicht; in seiner Hauptmasse aber ist es von ausserordentlich grossen Luftlücken durchsetzt, welche dadurch entstehen, dass das Rindenparenchym schon in früher Jugend auseinanderweicht und dass dann die

Parenchymzellen kettenartig aneinander hängend den Raum unregelmässig durchziehen. Diese eigenthümliche Struktur des Rindenparenchyms, in welchem also die Intercellularräume das eigentliche Gewebe an Volumen übertreffen, ist vermuthlich auch der Grund, weshalb, wie Herr Geh. Rath Göppert oft beobachtet hat, diese Pflanze selbst grosse Kältegrade ohne Schaden aushalten kann. Diese Struktur ändert sich an den Blattinsertionen; hier wird das Gewebe dichter und die Intercellularräume gehen nicht über die gewöhnliche Grösse hinaus. Das Rindenparenchym enthält ziemlich viel Chlorophyll. Die epidermoidalen Gewebe sind hier weniger entwickelt wie bei *Euphorbia splendens*.

Das Gefässbündel hat um seinen Holzring herum eine Schicht von Cambium. An der äussern Seite von diesem befinden sich grosse Bündel echter verdickter Bastfasern; diese besitzen bedeutend verdickte Wände mit deutlich concentrischer Streifung, sie sind völlig unverzweigt und ohne Inhalt, die Zahl der in einem Bündel vereinigten Zellen mag 20—40 betragen. Nach der äussern Seite dieser Bastbündel hin liegen die Milchzellen, fast immer durch eine oder mehrere Schichten des Rindenparenchyms von jenen getrennt. Sie finden sich in den meisten Fällen einzeln, sehr selten zu zweien. Ihr Durchmesser ist grösser wie derjenige der Bastfasern und entspricht etwa dem einer grossen Parenchymzelle, die Zellwand ist weniger verdickt, wie bei den Gefässen der vorigen Arten, aber immerhin dicker wie die Haut der umgebenden Parenchymzellen. Auch hier färbt sich ihre Haut bei Behandlung mit Jod und Schwefelsäure intensiv blau. Die Bastzellen dagegen zeigen bei gleicher Behandlung zuerst eine orangerothe bis braunrothe Färbung und erst bei stärkerer Einwirkung der Reagentien tritt bei einigen eine Blaufärbung ein; die Mehrzahl derselben nimmt auch jetzt noch eine sepiabraune Färbung an und höchstens die innerste Schicht der Zellwand wird blau gefärbt. Jedenfalls ist ein augenfälliger Unterschied in der chemischen Beschaffenheit der Wandungen von Bastzellen und Milchzellen nicht zu verkennen. — Diese nun verlaufen in den Internodien ganz oder fast ganz unverzweigt, und nur in den Blattinsertionen bekommen sie Zweige, welche auch horizontal verlaufen können. An diesen Stellen treten auch einzelne Zweige der Milchzellen in das Mark ein, indem ja grade hier die Communication zwischen Mark- und Rinden-

parenchym hergestellt ist, sie durchziehen das Mark oft auf weite Strecken und sich dabei verzweigend, bleiben jedoch, wie dies nach der Natur des Gewebes nicht anders möglich ist, in der Nähe des Gefässbündelringes, wo das Gewebe noch dicht ist. Nach unten zu scheint die Verzweigung der Milchzellen eine weniger reiche zu sein; wenigstens habe ich einzelne dicke Gefässstämme in ein einzelnes nach unten gerichtetes blindes Ende auslaufen sehen. Vergl. Taf. IV, Fig. 3.

Zur Untersuchung der Lagerungsverhältnisse in den Blättern kann man bei dieser Species nicht erwachsene Blätter anwenden, da dieselben zu dick und lederartig sind, um durch die oben angegebene Behandlung durchsichtig gemacht werden zu können. Ich wählte daher zur Beobachtung junge Blätter aus der Spitze eines überwinternden Zweiges und bei diesen ist in der That das Verfahren noch sehr brauchbar. Auf dem Längsschnitt durch die Blattinsertion nimmt man schon wahr, dass einzelne Milchzellen mit dem Gefässbündel in das Blatt eintreten, und zwar solche, welche von unten kommen; dass auch von oben herabkommende Milchzellen in das Blatt einbögen, habe ich nicht gesehn. Auf dem Querschnitt durch die Blattbasis erkennt man, dass die Zahl der eintretenden Zellen etwa 12—18 beträgt; sie verlaufen auf der untern (äusseren) Seite der drei bald nach ihrem Eintritt zu einem einzigen verschmelzenden Gefässbündel, ausserhalb des echten Bastes. Ein Blick durch ein durchsichtiges Blatt zeigt nun sofort, dass die Milchzellen des Blattes nicht blatteigen sind, d. h. dass es keine Milchzellen giebt, die ganz und gar in dem Blatte liegen, sondern dass sie alle nur Fortsetzungen oder Verzweigungen der Milchzellen des Stengels sind. Das Mesophyll des Blattes wird nämlich ausserordentlich reichlich durchzogen von Milchzellen, welche oft die eigenthümlichsten und verworrensten Verzweigungen bilden, und welche sich von oben gesehen, fortwährend kreuzen und scheinbar dabei berühren. Eine Anastamose konnte ich jedoch selbst an solchen Stellen nicht erblicken, wiewohl doch grade hier Gelegenheit genug dazu wäre. Von schlingenförmig in sich zurücklaufenden Formen ist auch hier nichts vorhanden. Ausgezeichnet auch kann man bei ganz jungen, etwa 2 mm. langen Blättchen beobachten, wie die H-förmigen Figuren entstehn; man verfolgt, wie eine Milchzelle rechtwinklig einen Zweig ausschickt, wie

dieser selbst sich wieder an der Spitze gabelt, so dass die beiden neuen Zweige fast rechtwinklig auf dem ersten Aste stehen, wie schliesslich auf diese Weise geschehen kann, dass Milchzellen auch im Blatt, eine weite Strecke mit einander parallel verlaufend, durch eine kurze Brücke mit einander verbunden sind. Verfolgt man nun diese sich im Blatt so zahlreich hinschlängelnden Milchsaftgefässe nach dem Rande des Blattes hin, so laufen dieselben alle in feine geschlossene Enden aus, verfolgt man ihren Lauf in entgegengesetzter Richtung, so erweisen sie sich sammt und sonders als Zweige derjenigen Milchzellen, welche als Hauptstämme auf der untern Seite des Gefässbündels parallel mit demselben hinziehn. Die Hauptstämme nun endigen nach der Blattspitze hin in feine geschlossene Enden, während sie dagegen an der Blattbasis nicht blind endigen, sondern vielmehr durch den Schnitt beim Abtrennen des Blattes mittendurch geschnitten sind. Dies ist also der direkte Beweis, dass das Blatt keine eignen Milchzellen hat, sondern dass dieselben nur Fortsetzungen der im Stamme befindlichen sind. Alle diese Verhältnisse habe ich an jungen Blättern in der Länge von 5—25 mm. beobachtet.

Vergleicht man das Gesagte mit der schon angeführten Thatsache, dass im Stengel einzelne Milchzellen über einer Blattinsertion nach unten zu in blinde Enden auslaufen, so darf man schliessen, dass dem typischen Lagerungsverhältnis zu Folge jede Milchzelle den zwischen zwei in einer Orthostiche übereinanderstehenden Blättern gelegenen Stengeltheil durchzieht, sich nach unten hin wenig, nach oben hin dagegen mehr verzweigt, dass eine Anzahl Milchzellen oder Zweige derselben in das Blatt eintreten, um sich hier weiter aufs reichlichste zu verästeln. Dem zu Folge würde allerdings die Länge einer solchen Zelle bei *Euphorbia Lathyris* eine ausserordentliche sein und sich für völlig entwickelte Exemplare auf etwa 20 cm. berechnen. Wahrscheinlich ist es, dass sich manche Milchzellen, sei es im Rindenparenchym, sei es im Marke, noch weiter nach unten fortsetzen.

Was die beiden behandelten Arten, *Euphorbia splendens* und *Caput Medusae* betrifft, so ist bei ihnen das ursprüngliche Lagerungsverhältniss durch die reichliche Verästelung im Internodium völlig verwischt, indessen deutet die aufgezeichnete iso-

lirte Zelle sowie die angegebene Länge derselben darauf hin, dass hier ein gleiches aber verhülltes Lagerungsverhältnis vorhanden ist. Auch stimmt sehr gut zu dem Gesagten, dass diese Zelle nicht an allen Enden geschlossen ist; dies konnte deshalb nicht sein, weil vermuthlich auch von ihr aus Aeste in das Blatt abgegangen sind.

Combiniren wir nun alle angeführten Thatsachen und Schlussfolgerungen, so können wir uns die Entstehung der Milchzellen folgendermassen denken. In geringer Entfernung vom Vegetationskegel, etwa einen halben Millimeter unterhalb, hören einzelne Zellen des Rindenparenchyms auf sich zu theilen, strecken sich schnell in das über ihnen liegende junge Blatt und in das unter ihnen liegende noch ganz kurze Internodium hinein, wobei sie sich verzweigen und sie werden dann durch die Streckung des Blattes und des Internodiums mit in die Länge gezogen. — Dieser Anschauung entsprechen denn auch die thatsächlichen Verhältnisse. Ganz junge Blätter von *Euph. Lathyris,* schon das dritte vom Vegetationskegel aus zeigen sich reichlich mit Milchzellen versehen. Auch sieht man auf Längsschnitten durch den Vegetationskegel, dass eine Milchzelle, das kurze Internodium durchlaufend, sich oben in das junge Blatt fortsetzt. Streckt sich nun Blatt und Stengel, so wird die junge Zelle der Streckung folgen müssen; das Wachstum derselben ist also mehr passiv als activ. Nur so lässt sich die ausserordentliche Länge der fraglichen Organe erklären. — Auch andere Forscher wie z. B. Dippel nehmen, und zwar in Folge der Schwierigkeit, Querwände aufzufinden, eine bedeutende Streckung der einzelnen Elemente der Milchzelle an. Der Unterschied ist nur der, dass jene Verschmelzung von Zellen, Auswachsen derselben und Streckung derselben annehmen, während nach diesen Untersuchungen nur die letzten beiden Momente in's Spiel kommen.

Anhangsweise erwähne ich noch, dass ich auch den hypocotylen Stengeltheil eines Keimlings von *Euph. Lathyris* untersucht habe. In demselben befinden sich im Kreise gestellt sechs Gefässbündel, durch weite Zwischenräume von einander getrennt. Milchzellen sind auch hier, allerdings spärlich vorhanden, und verlaufen in der dritten bis fünften Parenchymschicht unter der Epidermis, immer durch mehrere Parenchymlagen von den Gefässbündeln geschieden. Sie verlaufen fast

ganz gradlinig, sind von viel geringerem Durchmesser wie das umgebende Parenchym, unverzweigt und dünnhäutig. Ihr Inhalt ist weisser Milchsaft und Stärke, welche weniger knochenförmige als an beiden Enden zugespitzte Stäbchen darstellt. Die Entfernung der Milchzellen von den Gefässbündeln deutet offenbar auch darauf hin, dass sie zu diesen nicht gehören.

Euphorbia Cyparissias L.

Der Stengel enthält wie die vorige Art echte Bastbündel, die ebensowenig wie diese einen Uebergang in die Milchzellen wahrnehmen lassen. Letztere sind im Rindenparenchym zerstreut, auch im Marke, und nicht sehr reichlich. Das centrale Gefässbündel der Wurzel hat keine Bastfasern, und die Milchzellen finden sich auch hier im Rindenparenchym zerstreut. Eine von mir untersuchte mehrjährige Wurzel zeigte zwar sehr deutlich, wie der Holzkörper des Gefässbündels durch das Cambium sehr verdickt worden war, dagegen war von einer Nachbildung der Milchzellen durch das Cambium nach der andern Seite hin nichts zu bemerken; ganz natürlich, da die Milchzellen gar nicht dem Gefässbündelsystem angehören und also durch das Cambium gar nicht nachgebildet werden. — Eigentümlicherweise findet sich in einzelnen Zellen des ziemlich reichlich entwickelten Rindenparenchyms der Wurzel ein bräunlicher Stoff, welcher dem äussern Ansehn nach dem Milchsaft ähnlich ist. Schneidet man von einer Wurzel Scheiben ab in einer Entfernung von 1—½ mm., so bedecken sich die Schnittflächen für das unbewaffnete Auge mit einem weissen etwas körneligen Safte; thut man dasselbe an einem Stengeltheil, wo im Parenchym jene Zellen mit braunem Inhalt fehlen, so bemerkt man von einem solchen Safte nichts, nachdem einmal beim ersten Anschnitt die Milch ausgelaufen ist. Diese Umstände berechtigen vielleicht zu dem Schlusse, dass der Inhalt jener Zellen dem Milchsaft gleich oder ähnlich ist.

Ich fasse nunmehr die Resultate der Untersuchung über die Milchzellen der Gattung *Euphorbia* in folgenden Sätzen zusammen:

1. Die Milchzellen liegen an der äusseren Peripherie des Gefässbündels im Rindenparenchym; finden sich deren auch im Marke, so sind sie ebenso wie diejenigen des Rindenparenchyms,

welche sich mehr der Epidermis nähern, nur Verzweigungen der in grösserer Nähe des Gefässbündels verlaufenden.

2. Ihrer typischen Anordnung nach verlaufen sie in dem zwischen je zwei übereinanderstehenden Blätter liegenden Stengeltheil.

3. Die in den Blättern befindlichen sind nur Fortsetzungen der im Stengel befindlichen Milchzellen.

4. Die Milchzellen bilden sich im jugendlichen Rindenparenchym (Grundgewebe), gehören also nicht zum Gefässbündelsystem und können daher nicht mit Bastfasern identificirt werden.

5. Sie entstehen aus einzelnen Zellen, welche aufhören sich zu theilen und in die Länge wachsen, wobei sie in die Intercellularräume hineinwachsen und durch die Streckung des Stengels in die Länge gezogen werden. Sie sind also Zellen, nicht Zellfusionen.

6. Anastomosen der einzelnen Milchzellen unter sich finden nicht statt, ebensowenig wie eine offene oder geschlossene Tüpfelverbindung zwischen ihnen und den umgebenden Parenchymzellen oder Holzgefässen wahrzunehmen ist.

2. Die Moreen.

Ficus elastica L.

Ein Querschnitt durch das zweite Internodium von der Spitze aus zeigt ein sehr reichlich entwickeltes Rinden- und Markparenchym. Die Epidermis besteht aus einem zwei bis drei Reihen starken Peridermgewebe. Darauf folgt ein reich entwickeltes Collenchym, etwa 8—10 Reihen dick. Die Rindenparenchymschicht hat eine Dicke von etwa 20 Reihen; zwischen den Zellen derselben finden sich häufig grosse Intercellularräume, die, wie der Längsschnitt lehrt, oft senkrecht durch den Stengel ziehende Canäle darstellen; ebenso verhält sich das Markparenchym. Zwischen beiden findet sich der ziemlich schmale Gefässbündelring, nur durch schmale Markstrahlen unterbrochen. Auch hier wieder entstehen grössere Communicationen zwischen Mark- und Rindenparenchym an denjenigen Stellen, wo Gefässbündel zu einem Blatte sowie zu einer darüber sitzenden Blattscheide abgehen. An der äussern Seite zeigt der Gefässbündelring deutlich entwickelte Bastfaserbündel, deren Zellen mässig verdickt,

aber doch auf Längs- und Querschnitt deutlich zu erkennen sind. Ausserdem finden sich auch an der äussern Seite senkrecht übereinanderstehende Reihen kleiner Zellen, welche Krystalle von oxalsaurem Kalke enthalten.

Die Milchzellen sind im Rinden- und Markparenchym zerstreut, sind aber wenigstens durch drei Reihen Parenchymzellen von den Bastbündeln getrennt und überhaupt nicht nach dem Gefässbündel hin zusammengedrängt, so dass selbst äusserlich nichts auf eine Zugehörigkeit der Milchzellen zu dem letztern hindeutet. Im Ganzen sind sie auch weniger zahlreich wie z. B. bei *Euphorbia splendens*. Sie finden sich auch in der Collenchymschicht und nähern sich der Epidermis bis auf 3 oder 4 Zellreihen. Sie sind sehr dünnwändig, ihr Durchmesser ist bedeutend geringer wie der der umgebenden Parenchymzellen; oftmals liegt eine Milchzelle inmitten einer Gruppe von Parenchymzellen, welche im Querschnitt kleiner, im Längsschnitt länger sind wie die umgebenden Zellen; dieselben stehen oft sternförmig um eine Milchzelle herum und erscheinen im Längsschnitt strangartig. Stärke scheinen die Gefässe neben dem Milchsaft nicht zu enthalten. Sie verlaufen auf bedeutende Strecken unverzweigt, nur hier und da nimmt man Verästelungen wahr; selten verlaufen zwei Milchzellen nebeneinander, sich unmittelbar berührend. Unter den Blattinsertionen, wo das Parenchymgewebe dichter ist, sowie in denjenigen dichteren Gewebsschichten des Markes, welche die Internodien von einander trennen, finden Verzweigungen der Milchzellen reichlicher statt, und verlaufen dieselben hier auch bisweilen horizontal, was sonst nicht der Fall ist. — Querscheidewände habe ich niemals erblicken können. Taf. IV, Fig. 4 und 5.

Auf einem Querschnitt durch einen mehrjährigen Stengeltheil nimmt man wohl wahr, dass Holz- und Basttheil durch die Thätigkeit des Cambiums bedeutend vermehrt sind, von einer gleichen Vermehrung der Milchzellen ist jedoch nichts zu bemerken, dieselben unterscheiden sich weder durch Zahl noch durch Eigenschaften von denen jüngerer Stammtheile. Schon dieses deutet darauf hin, dass die in Frage stehenden Organe nicht zum Gefässbündelsysteme gerechnet werden können.

Da wo ein Gefässbündel zu einem Blatte abbiegt, biegen sowohl Milchzellen des Markes nach aussen, als auch begleiten solche des Rindenparenchyms das Gefässbündel in den Stiel des

Blattes hinein. Dieses letztere stimmt in seiner Anatomie nicht ganz mit der des Stammes überein. Indem nämlich das Gefässbündel in den Stiel eintritt, zertheilt es sich in mehrere Bündel, welche sich kreisförmig gruppiren. Im Innern dieses Kreises befinden sich abweichend vom Stengelbau Bündel von Weichbast, welche nahe den eigentlichen Gefässbündeln in einem concentrischen Kreise steh'n. Die Vertheilung der Milchzellen ist hier wie im Stengel. Sie verlaufen im Mark und im Rindenparenchym, sowie auch im Collenchym, sind aber von den Gefässbündeln sowohl wie auch von den innern Weichbastbündeln mindestens durch eine, meist aber durch mehrere Zellschichten getrennt. Sie treten also nicht vermischt mit Elementen des Gefässbündels auf.

Da es bei dieser Ficus-Art nicht möglich ist die Blätter durchsichtig zu machen, so entnahm ich, um die Verbreitung der Milchzellen im Blatte kennen zu lernen, der Knospe ein junges erst etwa 15 mm. langes Blatt und behandelte es nach der oben angegebenen Methode. Allerdings konnte der Blattmittelnerv, welcher schon in diesem Stadium sehr dick ist, nicht durchsichtig gemacht werden, wohl aber gelang dies bei der noch sehr schmalen Spreite. Es zeigte sich nun, dass die Gefässbündel resp. Seitennerven, welche bekanntlich beim erwachsenen Blatt in grosser Anzahl von Mittelnerven abgehn, parallel nach dem Blattrande verlaufen und dort durch einen peripherischen Nerven verbunden werden, in der Weise entstehen, dass erst einige wenige parallele secundäre Seitennerven auftreten, und dass sich immer zwischen die schon vorhandenen neue Nerven parallel einschieben. Die Entwickelung der Milchzellen hält mit der Ausbildung der Seitennerven gleichen Schritt, überall, wo ein Seitennerv schon vorhanden ist, ist auch eine Milchzelle zu finden, die ihre Zweige seitlich in das Parenchym hineinschickt; es gewinnt dann den Anschein, als ob zwei Milchzellen sich durch Seitenzweige verbinden, was jedoch wie die Maceration lehrt, nicht der Fall ist. Auch hier beobachtet man die Entstehung H-förmiger Figuren.

Da es bei der Dicke des Mittelnerven nicht möglich ist durch blosses Hindurchsehen wie bei *Euporbia Lathyris* zu entscheiden, ob blatteig'ne Milchgefässe vorhanden sind oder nicht, so schnitt ich aus einem erwachsenen Blatte den ganzen Mittelnerv nebst

dem Blattstiel bis zur Basis heraus und erwärmte denselben in verdünnter Kalilauge, dann präparirte ich aus dem in 3 Theile geschnittenen Mittelnerven die Milchzellen heraus. Zunächst erwies sich, dass diese Organe im Blatte viel reichlicher verzweigt sind wie im Stamme, dass ihre Verzweigungen blind und spitz ausgehen und dass niemals schlingenförmig in sich zurücklaufende Verbindungen vorkommen. Sowohl im untern Theile des Blattnerven, im Blattstiele, als auch in den mittleren Theilen desselben finden sich Milchzellen, welche nach der Basis hin in eine oder mehrere feine geschlossne Enden auslaufen; es deutet dies sicher darauf hin, dass, wenn auch einzelne Zellen des Stammes sich in das Blatt hinein fortsetzen, doch im Blatte auch solche vorkommen, welche ihren Verlauf nur im Blatte haben und diesem ihrer ganzen Länge nach angehören.

Ficus carica L.

Die Anatomie dieser Species weicht nur unwesentlich von der der vorigen ab. Das Rindenparenchym ist nicht so reichlich entwickelt wie dort, der Blattstiel zeigt trotz seiner geringen Dicke dieselbe Eigentümlichkeit der im Marke zerstreuten Weichbatsbündel. Die Milchzellen sind spärlicher wie bei der vorigen Art, steh'n im Rindenparenchym, nur sehr wenige im Mark, sind im Verlaufe des Internodiums unverzweigt, und mit dem Gefässbündel ziehen auch einige in den Blattstiel hinein; auf einem Querschnitt durch diesen letzteren zählte ich sieben Milchzellen. In den Knoten verzweigen sie sich und verlaufen auch bisweilen horizontal. Ihr Durchmesser ist etwa gleich dem der vorigen Art, nämlich bei normaler Dicke 0,012 bis 0,017 mm. selten bis 0,02 mm. Das Blatt dieser Pflanze lässt sich zwar durchsichtig machen, ist jedoch so stark mit epidermoidalen Gebilden bedeckt, dass das Hindurchsehen sehr erschwert wird. Wie man sich jedoch mit Hilfe der Maceration überzeugt, halten sich auch hier die Milchzellen an den Verlauf der Gefässbündel, und ihre Aeste durchziehn das Mesophyll. Es ist aber zu bemerken, dass hier diese Organe meist von viel geringerem Durchmesser sind wie im Stamme. Auch sieht man hier öfters, dass einzelne Milchzellengefässe auf weite Strecken hin eng sind, sich aber plötzlich wieder erweitern und verengern, was wohl auch blos durch die Lagerungsverhältnisse des

umgebenden Gewebes verursacht sein kann. Eine gleiche Untersuchung des Blattstiels ergab dasselbe Resultat wie bei der vorigen Art, nämlich das Vorhandensein blatteigner Milchzellen.

Besonders auffallend ist der geringe Durchmesser derselben in der Blattscheide, welche wegen ihrer Zartheit bei dieser Art leichter zu untersuchen ist wie bei der vorigen. Hier sind diese Organe ziemlich zahlreich, verlaufen in ihren Hauptstämmen ungefähr parallel den Gefässbündeln und verzweigen sich ziemlich reichlich, oft auch ausserordentlich mannigfach. Indessen tritt hier die Abweichung auf, dass, während die Milchzellen des Stammes in ihrem Hauptverlauf die angegebene Dicke haben, dieselben hier meist sehr enge sind, aber doch dabei noch ein deutliches Lumen zeigen. Ihr Durchmesser beträgt oft auf weite Strecken nicht mehr als 0,0029 mm., wobei sie aber noch deutlich Milchsaft enthalten. Solche Zellen von der Dicke der im Stamme befindlichen finden sich nur spärlich. Auch in der Blattscheide scheinen sich Milchzellen zu finden, die derselben ganz angehören.

Zur Untersuchung ihrer Entstehung erwärmte ich wieder einen Vegetationskegel in verdünntem Aetzkali und präparirte dann Milchzellen heraus. Indessen ist es mir hier nicht so gut gelungen, wie bei den Euphorbien, diese Organe auf ihre allerjüngsten Zustände zurückzuführen. Nur einmal sah ich eine Zelle, die an beiden Enden völlig geschlossen war, aber doch schon ziemlich lang war, etwa $^1/_8$ mm. Sie war etwa um das 3—4fache dünner, als die umgebenden Parenchymzellen, an der einen Seite ganz spitz, an der ander'n etwas kolbig erweitert, so dass es den Eindruck machte, als ob dieses Ende die ursprüngliche Zelle gewesen wäre, aus welcher dann durch Auswachsen das ganze Gebilde entstanden sei. Vergl. Taf. II, Fig. 6. Vollständig konnte ich eine andere Milchzelle nicht herauspräpariren, stets aber sah ich deren ausserordentlich feinen geschlossenen Enden. Niemals konnte ich Querwände oder eine Spur davon entdecken. Ihr Inhalt ist in diesem Stadium noch völlig klar und farblos, und dürfte es diesem Umstande wohl zuzuschreiben sein, dass es schwer hält, ohne Verwechselungen befürchten zu müssen, jüngere Zustände aufzufinden. Täuschungen können übrigens leicht dadurch hervorgerufen werden, dass sich Reihen übereinander stehender Procambium- resp. Cambiumzellen

loslösen und bei der Zartheit ihrer Haut leicht den Anschein erwecken, als habe man es mit jungen Milchsaftgefässen zu thun. — Aus demselben angeführten Grunde gelingt es auch auf einem Längsschnitte durch den Vegetationskegel nicht so gut wie bei Euphorbia die jungen Milchzellen im Gewebe deutlich zu erkennen, zumal sie ja viel feiner sind wie bei dieser. Man erkennt ihre Lagerung oft nur durch das von der Umgebung abweichende Lichtbrechungsvermögen ihres Inhalts. Immerhin aber wird klar, dass die jungen Milchzellen von Anfang an von dem Procambium durch eine oder mehrere Zellschichten getrennt sind, dass sie im Rindenparenchym entstehen, und dass sie demnach nicht zum Gefässbündelsystem zu rechnen sind. Weiter nach unten zu verlaufen öfters einzelne Milchzellen an solchen Stellen, wo ein Gefässbündel zu einem Blatte abgeht, nicht weiter abwärts im Rindenparenchym, sondern sie setzen sich ins Mark hinein fort, wo ihr Verlauf oft noch auf weite Strecken hin verfolgbar ist. Nimmt man hinzu, dass die Milchzellen schon im zweiten deutlich ausgesprochenen Internodium vorhanden sind und dabei im Marke fehlen, dass sie aber in diesem im vierten oder fünften Internodium auftreten, so ist die Annahme gerechtfertigt, dass auch hier die Milchzellen des Markes nur Verlängerung der im Rindenparenchym befindlichen sind.

Zur Kritik früherer Ansichten ist hier nur wenig zu sagen. Dieselben Gründe, welche bei Euphorbia gegen die Bastnatur hervorgehoben wurden, sind auch hier giltig; nur erscheint es hier noch viel unnatürlicher, die Bastnatur der Milchzellen behaupten zu wollen, da dieselben gar nicht um die Peripherie des Gefässbündels herumgedrängt sind und also auch die äussere Aehnlichkeit mit diesen Zellen fehlt, da ferner echter Bast vorhanden ist, der weder in Stellungs- noch in Gestaltungsverhältnissen Uebergänge in jene Organe aufweist. — Auch Hanstein kann ich nicht zustimmen, welcher die Milchsaftgefässe auch von Ficus für Zellfusionen hält und sogar [1]) eine Milchzelle abbildet, die eine Querwand hat. Nach meinen Erfahrungen muss ich auch dies für eine Täuschung halten und muss darauf verweisen, dass wohl nur die Isolirung befriedigenden Aufschluss

[1]) l. c. Taf. X, Fig. 9.

über Anwesenheit oder Abwesenheit von Querscheidewänden geben kann; an isolirten Gefässen habe ich aber noch niemals solche wahrnehmen können. Auch die sehr getreuen Abbildungen, welche Hanstein [1]) (ebendaselbst Taf. 1. Fig. 12, 13, 14) von isolirten Milchzellen einer Ficus-Art giebt, sprechen durchaus für meine Behauptung, und die allerdings eigenthümlichen Formen beweisen nicht Anastomosen, sondern lassen sich genügend durch Verzweigung einer einzigen Zelle entstanden denken. Was endlich Dippel über Ficus behauptet hat, muss ich in gleicher Weise als widerlegt erachten. Auch hier sagt er, die Milchzellen entstünden aus Parenchymzellen, welche mit ihrem untern Ende an ältere Bildungszellen von Milchzellen angrenzten, die Zellwand dann resorbirten und sich dadurch mit den älteren Zellen vereinigen. Dabei nimmt Dippel an, dass die verwachsenden Zellen sich nicht unbedeutend streckten und dies schliesst er wieder aus dem Umstande, dass es sehr schwierig sei in den älteren Theilen Querscheidewände aufzufinden. Dem widerspricht ebenfalls die Isolirung von Milchzellen und die oben angeführten Beobachtungen, welche verglichen mit den Resultaten an Euphorbia, völlig beweiskräftig sind. Endlich behauptet derselbe Beobachter, dass die Milchzellen in der ersten Zeit vom Cambium nachgebildet werden, da sich bisweilen zwischen den Bastbündeln Milchorgane vorfänden, dass diese Nachbildung aber späterhin aufhöre. Ich selbst habe nur einmal eine Milchzelle zwischen den Bastbündeln gefunden, glaube dies aber genügend durch eine Verzweigung erklären zu können, welche in das die Bastbündel trennende Parenchym eingedrungen ist, zumal jener Behauptung meine angeführte an einem mehrjährigen Ficusstamme gemachte Erfahrung auch widerspricht. Ausserdem ist es überhaupt nicht denkbar, dass Milchzellen in ein und derselben Pflanze sowohl aus dem Rindenparenchym als auch aus dem Cambium entstehen sollen. Dass die Milchzellen aber auch hier nicht zum Gefässbündelsystem gehören, folgt aus allem oben Gesagten.

Trotzdem nun die Beobachtung der allerjüngsten Zustände fehlt, so glaube ich doch nach den gefundenen Thatsachen und nach dem Zusammenhalten aller Verhältnisse behaupten zu dürfen:

---

[1]) l. c. Taf. I, Fig. 12, 13, 14.

Die Milchsaftgefässe der Moreen sind Zellen und nicht Zellfusionen; sie gehören nicht dem Gefässbündelsystem an, sondern dem Grundgewebe (Rindenparenchym); im übrigen verhalten sie sich fast gleich denen von *Euphorbia*, nur mit dem Unterschiede, dass es hier blatteigne Milchzellen giebt.

3. Die Apocyneen und Asclepiadeen.

Nerium Oleander L.

Die Anatomie dieser Pflanze hat manche Aehnlichkeit mit derjenigen der früher besprochenen. Das Gefässbündel bildet im Stamme einen dicht geschlossenen Ring, der durch keine Markstrahlen unterbrochen wird. Unter der Epidermis liegt eine etwa sechs Lagen dicke Collenchymschicht, zwischen ihr und dem Gefässbündel die etwa 20 Lagen dicke Rindenparenchymschicht. An der äusseren Peripherie des Gefässbündelringes finden sich Bündel echten sehr stark verdickten Bastes. Es sind meistens Bündel von 10 bis 50 Zellen, seltener sind einzelne Bastzellen. Dieselben liegen in Gruppen in der Weise ums Cambium herum, dass nur schmale Parenchymschichten zwischen ihnen bleiben, und dass dadurch ein maschenartiges Bild entsteht. Das Gefässbündel hat auf seiner ganzen inner'n Seite einen Ring von Weichbast, eine Thatsache, die zuerst von Hanstein entdeckt und physiologisch interessant verwerthet wurde.

Im Parenchym des Markes und der Rinde finden sich die Milchzellen zerstreut; ihr Durchmesser ist gleich dem der umgebenden Zellen, weshalb sie auch auf dem Querschnitt bisweilen schwer zu erkennen sind, da auch ihr Inhalt meist nicht sehr getrübt erscheint und ihre Wandungen ziemlich gleich dick wie die der Nachbarzellen sind.[1] Einzelne finden sich auch im Parenchym zwischen den Bastbündeln, doch kommen sie niemals in den Bastbündeln selbst vor. Nach dem Gefässbündel hin sind sie nicht zusammengedrängt. Auf dem Längsschnitt überzeugt man sich, dass dieselben nur sehr wenig verzweigt und wenig gekrümmt verlaufen. Die Milchzellen des Markes stehen mehr in der Nähe des Gefässbündels. Wie man durch Maceration solcher Stengeltheile erkennt, an denen sich Blattinsertionen finden, verzweigen sich die Milchzellen hier, wo auch das Gewebe dichter ist wie im Internodium, stärker, wenn auch nicht grade reichlich. Sie sind sehr dünnwändig und ihre Enden

laufen blind und spitz zu; nur bisweilen scheint es, als wenn die Enden nicht ganz spitzig wären, sondern eher platt gedrückt. Die Weite der Milchzellen ist sehr schwankend und variirt zwischen 0,006 mm. und 0,02 mm., und zwar trifft man diese Schwankungen oft bei derselben Zelle, welche sich oft ganz plötzlich erweitert und verengert. Tüpfel habe ich an Milchzellen nie beobachtet, ebensowenig wie Querwände oder Spuren davon. Eine dem Milchsaft ähnliche oder identische Flüssigkeit findet sich auch öfters in den Gefässen des Holzes.

Der Querschnitt des Blattes zeigt ein halbmondförmiges Gefässbündel, welches mit seiner convexen Seite nach unten gekehrt ist. Auf der nach unten gewandten Seite desselben finden sich ebensowohl wie in der obern vom Gefässbündel halbkreisförmig umschriebenen Parenchymmasse die Milchzellen zerstreut, deutlich getrennt von den echten Bastfaserbündeln, die das Gefässbündel an der untern Seite umgeben, aber weniger scharf markirt sind wie die des Stammes. Weichbast findet sich bei diesem Gefässbündel auch an der obern concaven Seite, und in dem halbkreisförmigen parenchymatischen ober'n Gewebe sind auch noch einzelne Weichbastbündel zerstreut. Am Mittelnerven findet sich unter der ober'n und unter'n Epidermis eine starke Collenchymschicht; überhaupt ist die Epidermis des Blattes reichlich entwickelt und daher derjenigen von Ficus elastica ähnlich. Interessant sind tiefe Einbuchtungen, welche sich auf der unter'n Seite des Blattes zeigen, die mit Haaren ausgekleidet sind, und in welchen die Spaltöffnungen liegen; namentlich tief und gespalten sind diese Einbuchtungen zu beiden Seiten des Mittelnerven. Die Milchzellen des Blattes unterscheiden sich durch nichts von jenen des Stammes, nur dass sie öfter wie diese einen bräunlich-gelblichen Inhalt haben. Sie sind verzweigt, obwohl auch nicht sehr reichlich, schlingenförmige Figuren sind weder hier noch im Stamme zu finden, auch Spuren von Querwänden sind nicht da. An der Basis des Blattes fanden sich Milchzellen, welche nach unten zu in blinde Enden ausliefen; es scheint demnach, als ob sie auch hier blatteigen wären.

Hoya carnosa L.

Auch bei dieser Pflanze sind Mark- und Rindenparenchymschicht reichlich entwickelt; die letztere wird nach aussen be-

grenzt durch eine Korkschicht. Zwischen Rinde und Mark liegt der nicht sehr breite Gefässbündelring, welcher durch keine Markstrahlen unterbrochen wird. Dieser hat ebenso wie derjenige von *Nerium* an seiner inner'n' Seite eine Schicht von Weichbast. Mark und Rindenparenchym zeigen nicht so grosse Intercellularräume wie die Euphorbiaceen und Moreen und haben ausserdem noch die besondere Eigenthümlichkeit, dass sie stark verdickte cubische Zellen mit Tüpfelcanälen besitzen, sogenannte Sklerenchymzellen; dieselben finden sich im Marke zu Partien von bedeutender Ausdehnung vereinigt, während sie im Rindenparenchym, etwa in der Mitte desselben, eine concentrische mit dem Gefässbündel parallele Zone bilden, bestehend aus ein, zwei oder mehr Lagen. Diese Zone wird öfters durch unverdickte Parenchymzellen unterbrochen. Diese Sklerenchymzellen sind indessen noch nicht vorhanden im ganz jungen saftigen Stengel, sondern erscheinen erst beim weiteren Wachstum; dann treten sie zuerst in kleinen, allmählich sich vergrössernden Partien im Marke auf und noch später erst kommen sie auch im Rindenparenchym zum Vorschein. Im Rindenparenchym des jungen saftigen Stengels findet man öfters an derjenigen Stelle, wo später die Sklerenchymzellen auftreten, Reihen von solchen Zellen, welche in tangentialer Richtung etwas in die Länge gezogen sind. Es ist wahrscheinlich, dass diese später in Sklerenchymzellen übergehen. Diese Sklerenchymzellen, resp. diejenigen Zellen, aus welchen sie gebildet werden, lassen fast gar keine Intercellularräume zwischen sich. Innerhalb dieser Zone nun finden sich sogenannte Bastzellen meist zu grössern Bündeln vereinigt, seltener einzeln, sie haben jene bekannte eigenthümliche Gestalt, der zu Folge sie sich abwechselnd erweitern und verengern, wobei ihre Wandung eine spiralige Streifung zeigt.

Die Milchzellen finden sich reichlich im Marke und auch im Rindenparenchym, hier aber fast ausschliesslich beschränkt auf die Zone innerhalb des Sklerenchymgürtels, also in dem Parenchym, in welchem auch die sogenannten Bastbündel liegen, ein Umstand, welcher wohl in dem Mangel von Intercellularräumen in dem Sklerenchymgürtel seine Erklärung findet. Sie enthalten einen beim Ausfliessen grünlichen, unter dem Mikroskop gelblichbräunlichen Saft, ihr Durchmesser beträgt im Stamme 0,018 bis 0,021 mm., während der Durchmesser der umgebenden Parenchymzellen etwa 0,045 mm. beträgt. Sie sind im Ganzen nur

mässig verzweigt und besitzen überall geschloss'ne Enden. Querwände oder Spuren davon habe ich niemals wahrnehmen können.

Auch im Blatte finden sich Milchzellen. Das Blatt hat ein ähnliches Gefässbündel wie Oleander; es ist halbmondförmig, mit der convexen Seite nach unten gewandt und von Weichbast umgeben. An der untern Seite und seitlich davon finden sich auch wieder die sogenannten Bastfasern theils einzeln, theils in Bündeln stehend und meist von geringerem Durchmesser wie die des Stammes. Im Blatte sind sie öfters verzweigt, bisweilen mit kolbigen Enden und deutlich die Formen der umgebenden Intercellularräume aufweisend. Auch hier finden sich die Milchzellen oberhalb und unterhalb des Gefässbündels, ihr Durchmesser ist 0,015—0,018 mm., derjenige der umgebenden Parenchymzellen wohl 0,06—0,09 mm. Uebrigens ist ihre Anzahl im Blatte nur spärlich.

Ein Längsschnitt durch den Vegetationskegel zeigt ganz unzweifelhaft, dass die Milchzellen nur Bildungen des Parenchyms sind; selbst in den jüngsten Zuständen sieht man sie vom Procambiumstrang durch einige und selbst zahlreiche Zelllagen getrennt, ihr Inhalt ist bei manchen schon frühzeitig körnelig und deutlich erkennbar. Aber während bei andern Familien sowohl daraus, dass die Milchzellen des Markes bedeutend später erschienen wie diejenigen der primären Rinde, sowie daraus, dass die erstern mit den letztern in deutlichem Zusammenhange stehen, geschlossen werden musste, dass die des Markes nur Fortsetzungen und Verzweigungen derer in der Rinde seien, finden wir hier, dass die Milchzellen des Markes gleichzeitig erscheinen mit denen im Rinderparenchym, ohne dass eine Verbindung zwischen beiden wahrnehmbar ist. Auch die des Markes sind bei ihrem Entstehen durch Zellenlagen deutlich vom Procambium geschieden. Wir müssen daher annehmen, dass hier im Marke sich selbständige Milchzellen bilden, und es ist dieser Umstand deswegen von grösstem Interesse, weil ja bei dieser Pflanze auch nach dem Marke hin Weichbastbündel vorkommen, was bei den Familien nicht der Fall war, wo im Marke eig'ne Milchzellen fehlten; eine Beziehung zwischen Weichbast und Milchzellen scheint also obzuwalten. Ihre Entstehung ist eine sehr frühzeitige. Auf dem Längsschnitt durch die Spitze finden sich die ersten deutlichen Milchzellen des Markes etwa 0,4 mm. unter dem Vegetationspunkte, während ich die ersten deutlichen

im Rindenparenchym etwa 0,5—0,6 mm. unter demselben beobachtete. Die erste Umbildung einer Parenchymzelle zu einer Milchzelle findet daher jedenfalls noch früher statt, da diese Organe ja schon eine gewisse Länge erreicht haben müssen, um auf dem Längsschnitt kenntlich zu sein. Dagegen findet die Umbildung der Procambiumzellen zu Spiralgefässen später statt, nach meinen Messungen erst 1,097 mm. unter dem Vegetationspunkte, und endlich noch tiefer beginnt das Auftreten der sog. Bastfasern, nämlich erst in einer Entfernung von 2,47 mm.

Diese sog. Bastfasern sind bei *Hoya* ebenfalls nicht Gebilde, welche zum Gefässbündelsystem gehören, sondern sind auch dem Rindenparenchym zuzurechnen. Es entstehen nämlich in diesem letztern in der Nähe des jungen Gefässbündels Züge strangartiger Zellen, welche allmählich in der angegebenen Entfernung in verdickte Bastfasern ähnliche Gebilde übergeh'n. Lage und Gestalt führten zu der sehr erklärlichen Täuschung, dass man es hier mit echten Bastfasern zu thun habe, die aber doch, um so genannt zu werden, aus Zellen des Procambiums entstanden sein müssten. Kein Wunder war es, dass man bei dieser Täuschung nun auch in die zweite gerieth und die Milchzellen dem Gefässbündel zuzählte, da ja dieselben oft zwischen den vermeintlichen Bastfasern ihre Stellung einnehmen.

Die Internodien, welche bei dieser Pflanze zum Theil sehr lang werden, sind im Anfange noch sehr kurz, selbst wenn die Blätter schon sehr entwickelt sind; daher ist es dann erklärlich, dass eine Milchzelle, wenn sie im Anfange das kurze Internodium durchwächst und dieses letztere sich späterhin sehr streckt, in Folge der Dehnung eine sehr bedeutende Länge und dabei einen ziemlich g'raden Verlauf bekommen muss.

Endlich habe ich noch Vegetationskegel macerirt und fand dadurch, dass die jüngsten Milchzellen überall geschlossne Enden haben, und dass selbst in diesen Zuständen Querwände oder Spuren davon nicht sichtbar sind. Ihr Durchmesser betrug in diesem jugendlichen Stadium nicht mehr als 0,004—0,006 mm., der der umgebenden Zellen betrug das 2—3fache. Auch fand ich in derselben Weise wie bei den ander'n Pflanzen, dass auch hier die Blätter eig'ne Milchzellen besitzen.

Zur Kritik früherer Ansichten habe ich hier noch einiges hinzuzusetzen, weil g'rade bei den Apocyneen und Asclepiadeen

zuerst und mit dem grössten Nachdruck die Bastnatur der in Frage stehenden Organe behauptet wurde. Zunächst sind nämlich die Milchzellen mit den sogenannten Bastfasern nicht identisch. Aus dem Umstande nämlich, dass diese letzter'n bisweilen verzweigt, ferner sehr lang gestreckt und manchmal mit einem Saft erfüllt sind, welcher allerdings mit dem Milchsaft identisch zu sein scheint, schloss man auf die Bastnatur der Milchzellen, ohne zu beachten, dass diese letzteren stets im Gegensatz zu jenen dünnwändig, viel länger, niemals so erweitert und verengert sind und dass auch ihre Vertheilung im Parenchym eine andere ist[1]). Also schon durch die äussere Erscheinung unterscheiden sich die beiden Gebilde. Ferner auch durch die Ungleichzeitigkeit ihrer Entstehung. Uebergänge aus einer Form in die andere, wie sie auch noch Hanstein behauptet, habe ich niemals wahrgenommen, denn dass es auch verzweigte «Bastfasern» giebt und dass diese letzter'n bisweilen Milchsaft enthalten, kann unmöglich ein Uebergang genannt werden. Ich glaube also wahrscheinlich gemacht zu haben, dass die Milchzellen nicht sogenannte Bastfasern sind, die sich umgewandelt haben. Sodann ist zu bemerken, dass, wenn selbst solche Uebergänge vorkämen, damit noch nicht die Zugehörigkeit der Milchzellen zum Gefässbündelsysteme erwiesen ist, da ja die «Bastfasern» selbst diesem gar nicht angehören. Mit diesem letzter'n Umstande verliert überhaupt die Constatirung einer Metamorphose jeden Werth.

Die übrigen Behauptungen, dass namentlich die Milchzellen durch Fusion entstünden, sowie dass Anastomosen unter ihnen stattfänden, habe ich nicht nothwendig hier zu besprechen, da dieselben Gründe dagegen giltig sind, welche ich bei den Euphorbiaceen und Moreen angeführt habe.

Ich glaube daher nunmehr von den Milchsaftgefässen der Apocyneen und Asclepiadeen behaupten zu dürfen:

Sie sind nicht Zellfusionen, sondern Zellen des Grundgewebes, die stark in die Länge wachsen. Die des Markes sind selbständig und nicht Verlängerungen derer im Rindenparenchym.

---

[1]) Für *Asclepias cornuti Decsne (syriaca L.)* war schon Meitzen zu demselben Resultate gekommen. (Vergl. Meitzen, Ueber den Werth der *Asclepias cornuti Decsne (syriaca L.)* als Gespinnstpflanze. Göttingen 1862.)

Das Blatt hat eigne Milchzellen. Sie gehören weder dem Gefässbündelsysteme an, noch sind sie metamorphosirte Bastfasern.

Als Gesammtresultat meiner Untersuchungen über die Milchsaft führenden Organe der Euphorbiaceen, Moreen, Apocyneen und Asclepiadeen lassen sich folgende Sätze aufstellen:

1. Die Milchsaft führenden Organe der genannten Familien sind nicht «Zellfusionen», sondern Zellen, welche durch aktive und passive Streckung sowie durch Verzweigung in die Intercellularräume hinein eine bedeutende Länge erreichen.
2. Sie entstehen aus Zellen des Grundgewebes, sind daher weder mit den echten Bastfasern zu identificiren noch überhaupt zum Gefässbündelsysteme zu rechnen.
3. Sie anastomosiren nicht untereinander und bilden daher auch kein «System» im Pflanzenkörper. Ebenso wenig ist eine Communication mit Elementen des Holzes nachweisbar.
4. Sie entstehen noch frühzeitiger als die Spiralgefässe, nur in einer sehr geringen Entfernung vom Vegetationskegel.
5. Sie finden sich in denjenigen Theilen der Pflanze, wo Gefässbündel vorkommen, und zwar sind die Milchsaft führenden Organe des Blattes entweder alle nur Verlängerungen derer im Stamme oder zum Theil dem Blatte selbst angehörig.
6. Finden sich Milchzellen im Marke, so sind sie nur Verlängerungen oder Verzweigungen derer im Rindenparenchym, falls im Marke kein Weichbast vorkommt; wo im Marke Weichbast vorhanden ist, sind auch die in demselben befindlichen Milchsaft führenden Organe selbständig.

III.

Ueber die morphologische und physiologische Bedeutung der Milchsaftorgane der untersuchten Familien.

Ueberblicken wir die Zahl der uns bekannten Milchsaft führenden Organe, so finden wir drei Formen:

Erstens diejenige Form, wo der Milchsaft in Intercellularräumen angesammelt wird; hierher gehört *Rhus*, *Alisma* und möglicherweise *Clusia*.

Zweitens diejenige Form, wo in der That ein Verschmelzen

mehrerer Zellen und Anastomosiren stattfindet; hierher gehören namentlich die Cichoriaceen, Papayaceen, Lobeliaceen und andere.

Drittens diejenige Form, wo die Milchsaft führenden Organe lange einfache verzweigte Zellen sind; hierher gehören die Euphorbiaceen, Moreen, Apocyneen und Asclepiadeen und vielleicht noch einige andere Familien.

Ich bezeichne hier vorläufig die Organe der ersten Form als Milchcanäle, die der zweiten als Milchgefässe und die der dritten als Milchzellen.

Es fragt sich nun: Giebt es im Pflanzenreich noch andere vielleicht schon bekannte Gebilde, welche morphologisch mit den uns hier allein interessirenden Milchzellen auf eine Stufe zu stellen sind oder nicht? Solche kommen in der That vor, und ich werde einige schon bekannte Fälle hier mittheilen, um darzuthun, dass diese Milchzellen durchaus nicht allein stehen.

Zunächst erwähne ich die sogenannten «Sklerenchymzellen» der *Monstera Lennea*, welche von Buch [1]) untersucht sind. Dieselben finden sich ohne Ausnahme im Parenchymgewebe fast aller Theile der Pflanze, im Stamme, in den Luftwurzeln, Blattstielen, Blattspreiten, in der Spatha, in den Blüthentheilen, und nur in der echten Wurzel scheinen sie zu fehlen; in den Gefässbündeln selbst treten sie nie auf. Sie sind theils verästelt, theils unverästelt und die Enden pfriemenförmig zugespitzt. Sie erreichen oft die bedeutende Länge von 1,25—1,5 mm. und eine Dicke von 0,05 mm., wovon im Mittel 0,032—0,036 mm. den Verdickungsschichten zuzurechnen sind. Das Lumen der Zelle ist bei den unverzweigten Individuen fast für die ganze Länge der Zelle dasselbe, bei verzweigten dagegen findet sich stets eine durch ein grösseres Zelllumen ausgezeichnete Zellpartie, welche in der Regel das Centrum der verästelten Sklerenchymzelle bildet, und von dem dann die bisweilen sehr zahlreichen Seitenäste auslaufen. Die verästelten Zellen der *Monstera* sind jedoch stets viel dünner, wie die unverästelten, ihr Querdurchmesser beträgt im Mittel nur 0,015 mm. Die am meisten verästelten finden sich in der Blattspreite und weisen oft zehn bis

[1]) Buch, Ueber Sklerenchymzellen. Breslau 1870. In dieser Inaugural-Dissertation sind auch die meisten andern angeführten Formen studirt.

zwölf Aeste auf bei einem Querdurchmesser von 0,001 mm. Wo man diese Sklerenchymzellen auch beobachtet, in der Blattspreite wie im Stamme, findet man dieselben hauptsächlich in Intercellularräumen liegend, so dass diese Lagerung für sie als charakteristisch angesehn werden muss. Ihre Entstehung ist folgende. Das Urmeristem geht allmählig in Parenchym über, dessen einzelne Zellen senkrecht über einander stehen und durch Intercellularräume von einander getrennt werden, welche der Wachstumsaxe parallel gehen. Gleichzeitig mit dem ersten Auftreten der Intercellularräume theilt sich eine der dem letztern angrenzenden Parenchymzellen durch eine wagerechte Scheidewand in zwei Zellen, von denen sich die eine durch Protoplasmareichtum ausgezeichnet, in den Intercellularraum hinein ausbuchtet. Diese Ausbuchtung wird immer grösser und grösser, die Zelle wächst schlauchförmig in den Intercellularraum hinein, erfüllt denselben fast ganz, setzt dabei die Verdickungsschichten ab und erscheint dem umgebenden Parenchymgewebe dicht angepresst, wodurch eine leicht wellenförmige Contour der Zelle hervorgerufen wird. Derjenige Theil dieser Schlauchzelle, aus welchem das ganze Gebilde entstand, ist anfangs noch zwischen den übrigen Parenchymzellen eingelagert, wird dann aber durch das bedeutende Wachsthum der umgebenden Parenchymzellen allmählig ganz in den Intercellularraum hineingedrängt, und zeigt sich noch als ein mehr oder minder grosser, der Schlauchzelle aufsitzender Buckel, der entweder ganz verschwinden, oder auch für immer sichtbar bleiben kann. H-förmige Sklerenchymzellen, welche auch Haustein noch durch Anastomose entstanden glaubt, entstehen, wenn eine Reihe von Parenchymzellen beiderseits von Intercellularräumen umgeben wird; die Zelle stülpt sich in diesem Falle gleichzeitig in beide Intercellularräume aus, wächst schlauchförmig in dieselben hinein und erfüllt sie bald vollständig. Ganz ähnlich ist die Entwickelung der verzweigten Zellen in der Blattspreite. Hier ist es eine Chlorophyll führende Zelle unter der oberen Epidermis, die sich ausbuchtet; da aber in der Blattspreite nicht canalartige Intercellularräume vorhanden sind, sondern vielmehr unregelmässige zwischen dem schwammartigen Mesophyllgewebe, so sind auch hier die Sklerenchymzellen nicht langgestreckt, sondern vielmehr unregelmässig verzweigt und mit einer viel grössern Zahl von Seitenästen versehn.

Unzweifelhaft ist die Entwickelungsgeschichte der Sklerenchymzellen derjenigen der Milchzellen so ausserordentlich ähnlich, dass wir nicht ansteh'n dürfen, beiderlei Organe morphologisch auf dieselbe Stufe zu stellen; wenn auch die Sklerenchymzellen nicht dieselbe Länge erreichen, wie die Milchzellen, und wenn sie auch nicht wie dieser Milchsaft, sondern im erwachsenen Zustande Luft führen, so ist dieser Umstand doch kein Einwurf dagegen, namentlich das letztere, der Inhalt, ist ein rein physiologisches Moment, das bei der morphologischen Betrachtung gar nichts zu bedeuten hat.

Ihrer Entwickelung nach gehören ferner hierher die Sklerenchymzellen von *Heteropsis ovata* und *Spathiphyllum lanceaefolium*, welche van Tieghem [1]) beobachtete.

Von grossem Interesse sind auch die Sklerenchymzellen von *Fagraea auriculata*, welche von Herrn Geh. Rath Prof. Dr. Göppert entdeckt und von Buch näher untersucht worden sind. Die Gebilde befinden sich im *petatum* dieser Pflanze in enormer Anzahl zahlreich verästelt, es sind oft zehn bis zwölf und noch mehr Seitenäste vorhanden. Die Seitenäste liegen in den verschiedensten Ebenen und besitzen eine grössere Centralpartie, wie die von *Monstera* und das Lumen derselben ist oft 0,15 mm. lang und 0,05 mm. breit. Die Seitenäste sind verhältnissmässig kurz, höchstens 0,1—0,15 mm. lang, oft bekommen die Seitenäste noch kleine Seitenzweige. Die Zellen sind fast ohne Ausnahme mit Luft erfüllt. Die Entwickelungsgeschichte ist überaus ähnlich wie bei *Monstera*. War eine Reihe senkrechter Parenchymzellen auf zwei Seiten von Intercellularräumen begrenzt, so buchtete sich auch hier eine der Parenchymzellen gleichzeitig in beide Intercellularräume aus und es entstanden wiederum die H-förmigen Gestalten. Es kommen bei *Fagraea* im Blattstiele auch Sklerenchymzellen vor, die ihrer äusser'n Gestalt nach mit den umgebenden Parenchymzellen vollkommen übereinstimmen, und sich von den letzter'n nur durch die Stärke der Verdickungsschichten und das Vorhandensein zahlreicher Porencanäle unterscheiden und sie ähneln in diesem Zustande denjenigen Zellen, welche manche Autoren als Steinzellen bezeichnen. Ihre den

[1]) Annales des Sciences natur. cinquième série. Paris 1866. tome VI.

Parenchymzellen so ähnliche Form verdanken diese Sklerenchymzellen dem Umstande, dass die sich zur Sklerenchymzelle umbildende Zelle von allen Seiten von Parenchymgewebe umgeben und hierdurch an der weiter'n Ausbreitung und Verästelung verhindert wird. Dass die junge Sklerenchymzelle das Bestreben hat, sich auszubreiten und sich zwischen das umgebende Gewebe einzudrängen, sieht man an den Buckeln und den kleinen seitlichen Verzweigungen, mit denen sehr viele dieser cuboidischen Sklerenchymzellen zwischen das umgebende Parenchymgewebe hineinragen. Grade aus dem Grunde, weil in dieser Pflanze selbst in entwickeltem Zustande alle Uebergänge zwischen Parenchymzellen und verzweigten Sklerenchymzellen vorhanden sind, g'rade darum hat diese Pflanze ein besonderes Interesse für sich.

In gleicher Weise dürften wohl auch diejenigen Zellen, welche man bei den Coniferen noch immer als «Bastzellen» bezeichnet, als Bildungen des Grundgewebes betrachtet werden; der Umstand, dass bastähnlich gestaltete Zellen bei *Salisburya*[1]) im Marke vorkommen, spricht entschieden dafür, dass diese Gebilde nicht zum Gefässbündelsystem, sondern zum Grundgewebe gehören. Ebenso sind dem letzteren beizuzählen die theils verzweigten, theils unverzweigten bastähnlichen Zellen von *Welwitschia*[2]). Dieselben sind oft eine achtel Linie lang, treten in allen Theilen der Pflanze auf, finden sich sogar im Collenchym!

Dasselbe Wachsthumsgesetz zeigen die Zellen von *Camellia japonica*. In den Blättern z. B. buchtet sich eine Parenchymzelle aus, in der Regel eine der unter der farblosen Epidermis liegenden Chlorophyll führenden Zellen, und wächst frei in den Intercellularraum hinein, bis sie denselben vollständig erfüllt.

Diese Sklerenchymzellen der *Camellia* sind in der Regel verzweigt, nur manchmal findet man unverästelte Formen; die erstern haben meist eine T-förmige Gestalt und sind derartig in das Blattparenchym eingelagert, dass die beiden Seitenäste der Blattfläche parallel verlaufen und demnach der dritte Arm in der darauf senkrechten Richtung das Blatt durchsetzt. Die

---

[1]) Jos. Böhm. Sind die Bastfasern Zellen oder Zellfusionen? Sitzungs-Ber. der kais. Akademie der Wissensch. Wien. III, 1.

[2]) Hooker. On the Welwitschia, a new genus of Gnetaceae. Transactions of the Linnean society. Vol. XXIV.

Zellen sind meist 0,2 mm. lang und die Stärke der Verdickungsschichten ist so beträchtlich, dass das Lumen der Zelle an manchen Stellen fast verschwindet. Die Abbildung einer solchen Zelle findet sich im Lehrbuch von Sachs, Fig. 16. Fast ganz gleich sind die Sklerenchymzellen von *Thea chinensis*.

Endlich gehören noch hierher die sogenannten Bastfasern von *Rhizophora Mangle*, welche Schacht [1]) beschreibt. Sie finden sich in der Rinde, sowie auch im Marke, und fast alle sind oft mehrfach und höchst unregelmässig verzweigt; die Zellen selbst sind ziemlich kurz. Schacht erklärt von diesen Gebilden ausdrücklich, dass bei ihnen von dem Verwachsen zweier Zellen nicht die Rede sein könne, sondern dass sie Verzweigungen einer Zelle sind. Im Stamme selbst liegen sie vereinzelt im kleinzelligen Parenchym. Betrachtet man die Abbildungen, welche Schacht von diesen Zellen giebt, so ist auf den ersten Blick klar, dass man es auch hier wieder mit dem Auswachsen einzelner Zellen in Intercellularräume zu thun hat; bei einzelnen der abgebildeten Zellen nimmt man sogar noch deutlich denjenigen Theil wahr, welcher der ursprüngliche gewesen ist und durch dessen Auswachsen die ganze Bildung zu Stande kam.

Aus all' dem Angeführten ist nun jedenfalls klar, dass die von mir untersuchten Milchzellen durchaus nicht diejenige isolirte Stellung im Pflanzenreiche einnehmen, wie man wohl anfangs glauben möchte, ja dass ähnliche Gebilde sogar eine bedeutende Verbreitung haben. Durch die in ihrer Entwickelung gehemmten Sklerenchymzellen der *Fagraea* wird ein vollständiger lückenloser Uebergang vermittelt zwischen den isodiametrischen Parenchymzellen des Grundgewebes und zwischen den so stark entwickelten fast unübersehbaren Milchzellen der Euphorbiaceen, Moreen, Apocyneen und Asclepiadeen, und wir werden daher diese letzter'n ebensowenig wie die «Sklerenchymzellen» als mehr oder minder metamorphosirte Bastzellen ansehen, noch dieselben überhaupt zum Gefässbündelsysteme zu rechnen haben, vielmehr werden wir beide, Sklerenchymzellen und Milchzellen, als morphologisch gleichwerthig und nur als Modificationen des Grundgewebes betrachten [2]).

---

[1]) Bot. Zeitung 1851, p. 517.

[2]) Vergl. H. von Mohl. Vermischte Schriften botan. Inhalts, p. 116.

Ueber die physiologische Bedeutung der Milchzellen ist etwas sicheres nicht zu sagen. Die Hypothese Schultzes, dass die Milchsaft führenden Organe die Leiter des «Lebenssaftes» der Pflanzen seien, ist längst zurückgewiesen und konnte nicht gründlicher widerlegt werden, als durch den vorliegenden Beweis, dass für diese Pflanzenfamilien ein «Milchfassgefässsystem» völlig fehlt. Wenn nun aber neuerdings Dippel [1]) wieder behauptet: «Die Milchsaftgefässe bilden Bastgefässe der milchenden Gewächse, welche in der Jugend zum mindesten die Funktion der Siebröhren erfüllen, im Alter vielleicht nur Reservestoffe führen,» so ist das eine Behauptung, welche für die mit Milchcanälen und Milchgefässen versehenen Pflanzen der Begründung entbehrt, für die mit Milchzellen versehenen entschieden falsch ist, wie aus den vorstehenden Untersuchungen von selbst hervorgeht, da ja ein Zusammenhang der Milchzellen unter sich gar nicht stattfindet.

Die grösste Wahrscheinlichkeit hat die Ansicht für sich, welche Hanstein ausspricht, nämlich, dass die Milchsaftorgane Secretionsorgane seien. Eine ganze Reihe von Umständen spricht dafür. Ganz direkt deutet darauf hin eine Beobachtung, welche Borscow [2]) mittheilt.

Bei *Ceropegia aphylla* finden sich nämlich im Parenchym des Stengels deutlich und schön entwickelte Siebporen, wie ich dieselben in ähnlicher Weise bei den Euphorbien u. s. w. nachgewiesen habe. Aber nicht nur wie bei diesen finden sich solche Poren zwischen benachbarten Parenchymzellen, sondern auch an der Berührungsstelle zwischen Parenchymzellen und Milchzellen giebt es ähnliche, nur schmälere Siebporen, auch kommt es bisweilen vor, dass das Ende eines Milchzellenzweiges abgeplattet und an eine Parenchymzelle befestigt ist. Vielleicht deuten diese Verhältnisse auf einen Saftaustausch zwischen Parenchym- und Milchzellen hin.

Die Ansicht wird dadurch unterstützt, dass der Milchsaft, dessen Sitz ja κατ' ἐξοχήν in den «Milchsaftgefässen» ist, nicht nur in diesen vorkommt, sondern noch in mehreren ander'n Or-

---

[1]) l. c. pag. 105.

[2]) Pringsheim, Jahrbücher für wissensch. Botanik. Band VII, p. 345.

ganen, wie dies von anderen und von mir oft geseh'n wurde. Nach den Untersuchungen Vogel's[1]) existirt auch Milchsaft in den Spiralgefässen von *Ipomoea*, in denen von *Argemone*, in den Holzelementen von *Gomphocarpus angustifolius*. In den Holzgefässen von *Euphorbia* habe ich selbst Milchsaft beobachtet, sowie auch in Parenchymzellen der Wurzel bei *Euph. Cyparissias*, sowie auch in den Holzgefässen von *Ficus;* hier habe ich noch darauf aufmerksam gemacht, dass die Parenchymzellen um die Milchzellen herum häufig radial angeordnet sind, jedenfalls eine Anordnung, wodurch mehr Zellen als bei der gewöhnlichen Lagerung mit den Wänden der Milchzellen in Berührung kommen, was nothwendig eine etwaige secernirende Thätigkeit erhöhen muss. Ganz besonders viel Milchsaft enthalten die Spiralgefässe von Campanula, und nicht blos streckenweise, sondern ihrer ganzen Länge nach; gleich oder ähnlich ist es bei *Phyteuma;* namentlich ist auch viel Milchsaft im innersten Theile des Holzkörpers in der Wurzel von *Specularia hybrida DC.* Auch in den Spiralgefässen von *Lactuca* findet sich viel davon. Sicherlich deuten diese Verhältnisse auf das Vorhandensein einer Secretion hin, wenn auch noch nicht genügend bekannt ist, wie der Milchsaft in die Spiralgefässe kommt. Dass einzelne Parenchymzellen in ihrem Innern Milchsaft secerniren können, geht jedenfalls aus meiner Beobachtung aus der Wurzel von *Euphorbia Cyparissias* hervor.

Endlich spricht noch für die Deutung der Milchzellen als Secretionsorgane, dass sie eben so wie viele andere secernirende Zellen, z. B. krystallführende Parenchymzellen, in ihrer Lagerung von der Lage und Existenz des Weichbastes abhängen, dem man ja die Leitung der assimilirten Säfte zuschreibt, welche letztere zur Secretion Veranlassung geben. Wir wissen nun, dass bei denjenigen Familien, wo nur an der äussern Seite des Gefässbündelringes Weichbast auftritt, also bei den Euphorbiaceen und Moreen, dass hier auch nur an der äusser'n Seite des Gefässbündelringes selbständige Milchzellen vorkommen, und dass die im Marke vorkommenden nur Verlängerungen und Verzweigungen dieser sind. Wo aber, wie bei den Apocyneen und

[1]) Pringsheim, Jahrb. f. wissensch. Botanik. Band V, p. 31 ff.

Asclepiadeen, auch an der innern Peripherie des Gefässbündels Weichbast erscheint, da giebt es auch im Marke selbständige Milchzellen. Diese Beziehung zwischen den Milchzellen und den Organen, welche assimilirte Stoffe führen, macht in hohem Grade wahrscheinlich, dass sie nur Secretionsorgane sind. Ob sie, was ja möglich, zugleich zur Aufspeicherung von Reservestoffen dienen, ist nicht genügend untersucht und noch weniger erwiesen.

Breslau. F. W. Jungfer's Buchdruckerei.

Erklärung der Abbildungen.

Taf. I.

Figur 1—4. *Euphorbia splendens L.*

Fig. 1. Eine isolirte Milchzelle, welche in so fern schematisch gezeichnet ist, als die in Wirklichkeit unter sehr verschiedenen Winkeln abgehenden Zweige spitzwinklig angeordnet sind; auch ist der Querdurchmesser der Zelle im Verhältnis zu gross genommen. Vergl. 16.

Fig. 2. Isolirte Milchzelle aus der Wurzel, das Anschmiegen der Haut an die umgebenden Zellen deutlich darstellend. Ocular 3, Objectiv 7 (Hartnack).

Fig. 3. Isolirte Milchzelle aus der Wurzel, Falten in der dünnen Haut zeigend. Oc. 3, Obj. 7.

Fig. 4. Drei sehr junge Milchzellen aus der Nähe des Vegetationskegels isolirt; daneben (wie auch bei andern Figuren) Parenchymzellen, um das Verhältnis der Durchmesser zu zeigen. Oc. 3, Obj. 7.

Fig. 5—6. *Euphorbia Caput Medusae L.*

Fig. 5. Theil einer Milchzelle aus jungem Gewebe, die Entstehung einer H-förmigen Milchzelle durch Verzweigung erläuternd. Oc. 3, Obj. 7.

Fig. 6. Eigentümliche Verzweigung einer jungen Milchzelle. Oc. 3, Obj. 7.

Taf. II.

Fig. 1—5. *Euph. Caput Medusae L.*

Fig. 1—5. Junge isolirte Milchzellen, die Art der Verzweigung zeigend. Die Zelle Fig. 4 ist ganz geschlossen und zeigt in ihrer Form deutlich die Beeinflussung des Wachstums durch die benachbarten Intercellularräume. Oc. 3, Obj. 7.

Fig. 6—7. *Ficus carica L.*

Fig. 6. Sehr junge isolirte Milchzelle, an beiden Enden geschlossen. Oc. 3, Obj. 8.

Fig. 7. Theil einer Milchzelle aus einem jungen, etwa 1 Cm. langen Blatte. Oc. 3, Obj. 8.

Taf. III.

Fig. 1—4. *Euphorbia splendens L.*

Fig. 1. Längsschnitt aus der Nähe des Vegetationskegels; M junge Milchzellen; Spiralgefässe sind in dem Procambiumstrang noch nicht aufgetreten. Oc. 3, Obj. 8.

Fig. 2 und 3. Querschnitte durch das Parenchym; die Milchzellen M liegen theils locker in den Intercellularräumen und sind rund, theils sind sie durch den Druck des umgebenden Parenchyms mehreckig. Oc. 2, Obj. 8.

Fig. 4. Leiterförmige Tüpfel auf einem Längsdurchschnitt durchs Markparenchym; M Milchzelle. Oc. 3, Obj. 8.

Taf. IV.

Fig. 1—2. *Euphorbia Caput Medusae L.*

Fig. 1. Querschnitt durch das Rindenparenchym; die Milchzelle M sendet einen Ast in den Intercellularraum. Oc. 3, Obj. 8.

Fig. 2. Tüpfelbildung im Markparenchym. Oc. 3, Obj. 8.

Fig. 3. *Euphorbia Lathyris L.*

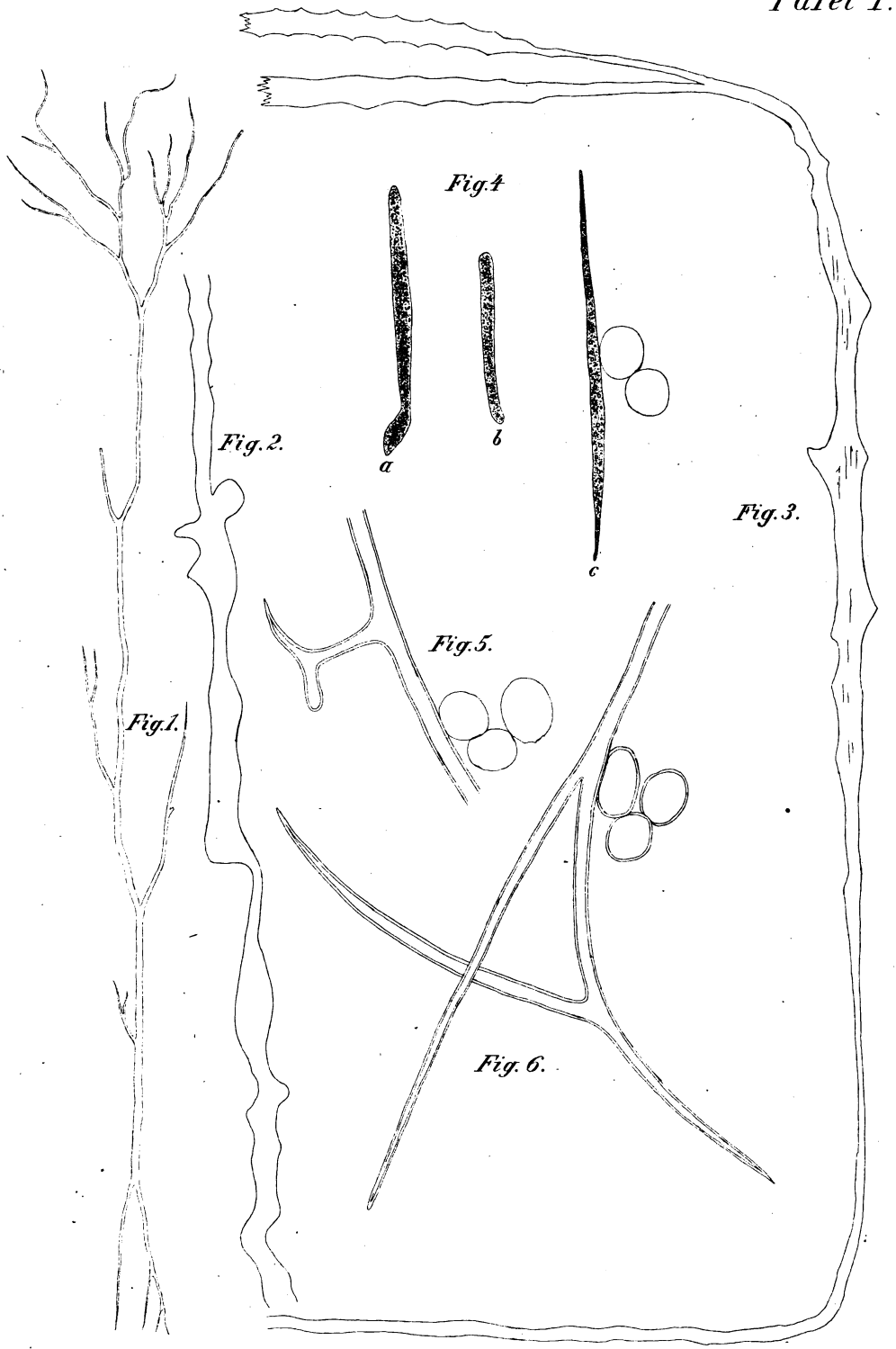
Fig. 3. Querschnitt, die Lagerung des Bastes, der Milchzellen M und die Luftlücken des Rindenparenchyms zeigend. c Cambium. Oc. 3, Obj. 7.

Fig. 4—5. *Ficus elastica L.*

Fig. 4. Querschnitt durch das Rindenparenchym; um die Milchzelle M herum sind radial geordnete Parenchymzellen; I Intercellularräume. Oc. 3, Obj. 7.

Fig. 5. Längsschnitt durch das Markparenchym; M Milchzelle. Oc. 3, Obj. 7.

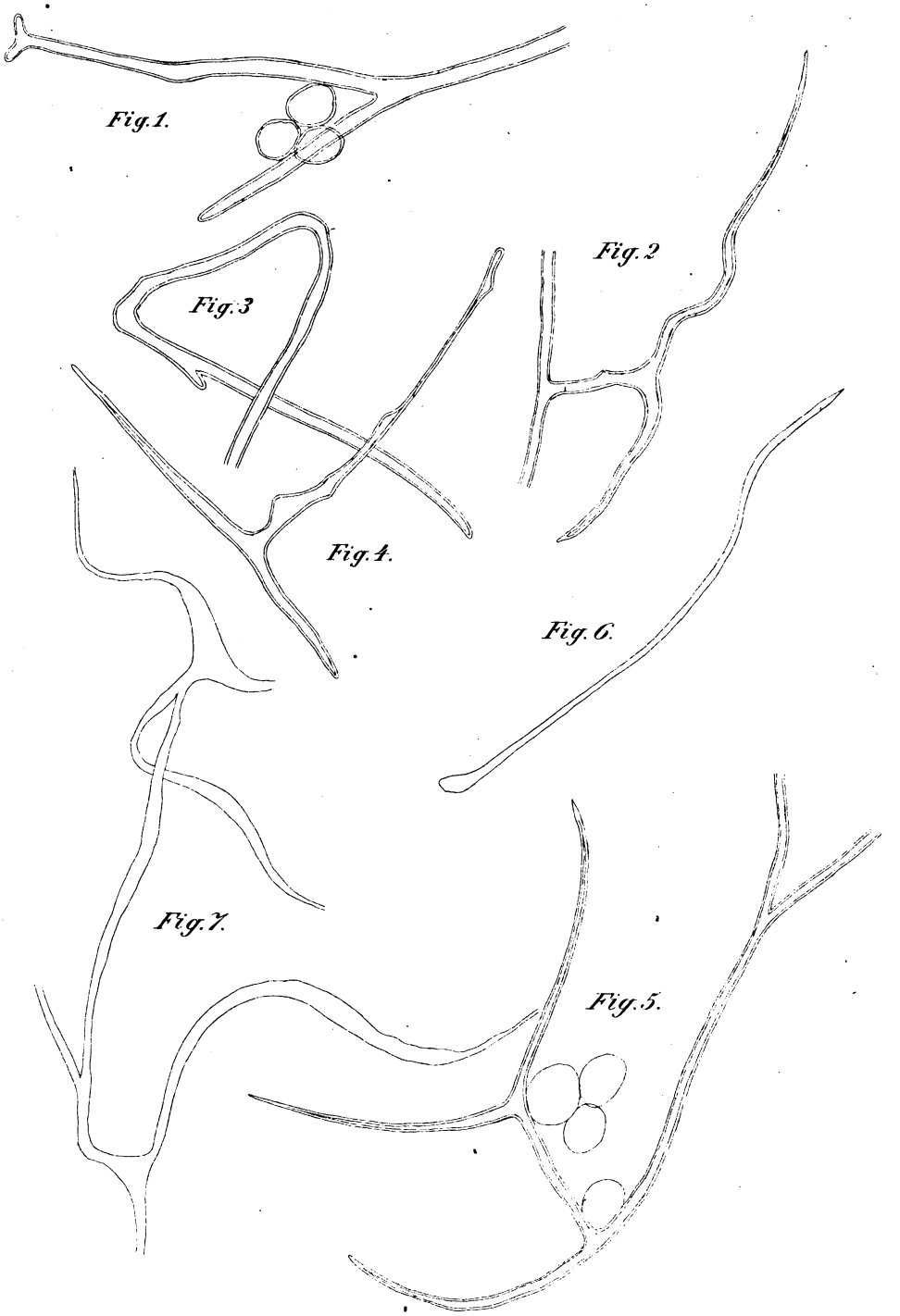
Tafel I.



David ad nat. del.

Luth. Inst. S. Lilienfeld, I

Tafel II.



vid ad nat. del.

Luth. Inst. S. Lilienfeld, Brest

Tafe

Fig. 1.

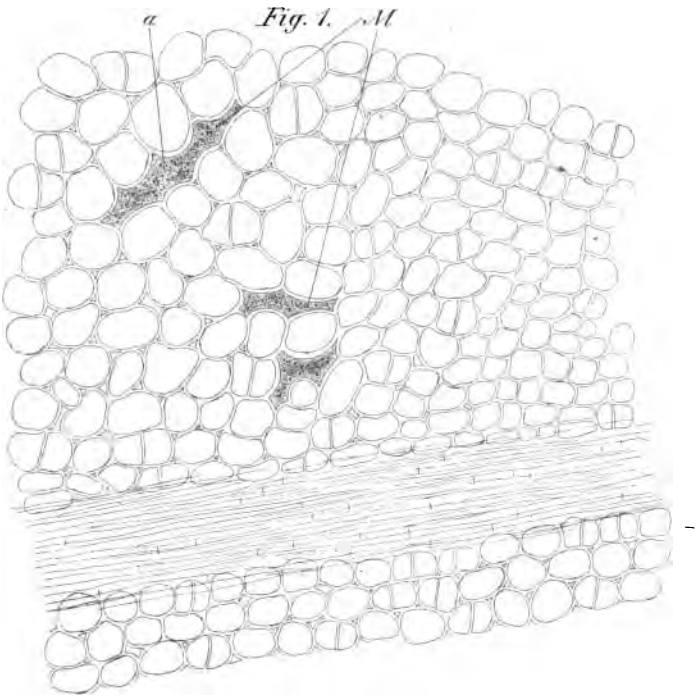


Fig. 2.

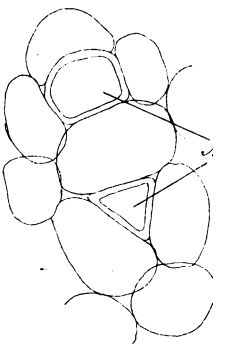


Fig. 4

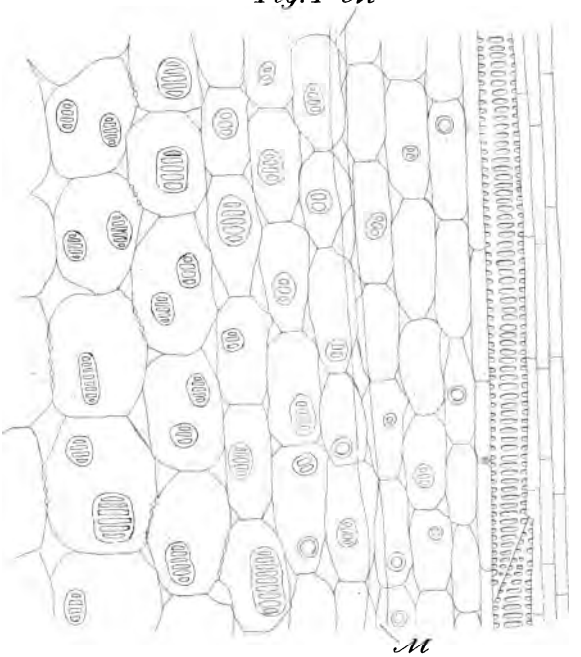
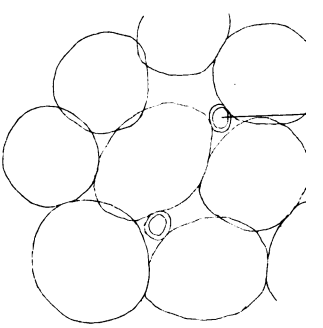


Fig. 3.



David ad nat. del.

Lith Inst. S. Lilienfeld

Fig. 1.

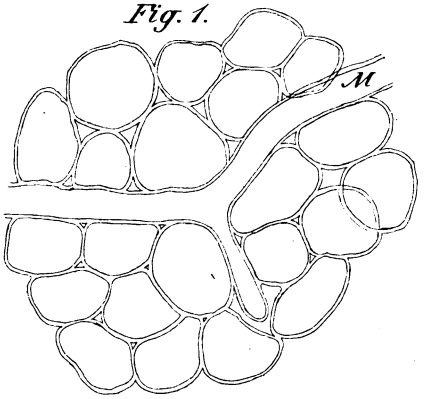


Fig. 2.

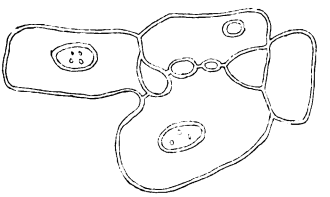


Fig. 4

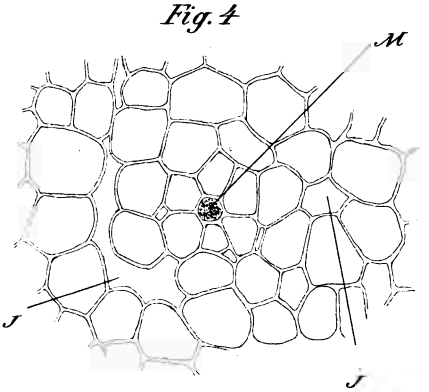


Fig. 5. M

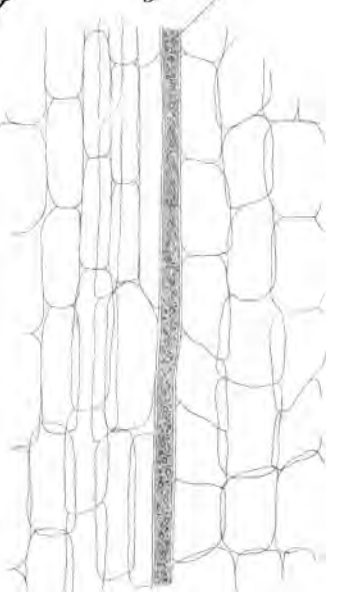
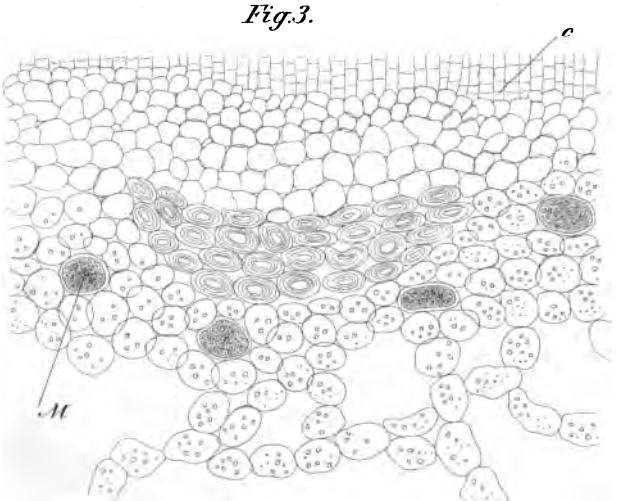


Fig. 3.



David ad nat. del.

Lith. Inst. S. Lilienfeld, Br

FOURTEEN DAY USE
RETURN TO DESK FROM WHICH BORROWED

Biology Library

This book is due on the last date stamped below, or on the date to which renewed.
Renewed books are subject to immediate recall.

~~SEP 10 1956~~	
SEP 10 1956	
SEP 10 1956	
SEP 25 1956	
SEP 20 1956	

LD 21–100m-2,'55
(B139s22)476

General Library
University of California
Berkeley